د. رافد أحمد عبدالله

مدخل الى عالم النانو



Kutub

مدخل الى

عالم النانو

د. رافد أحمد عبد الله

إصدارات إي-كتب

لندن 2014

Introduction to the world of nanotechnology
By: **Dr. Rafid Ahmed Abdulla**
Copyright: The Author
Published by E- Kutub.com
ISBN: **9781780581316**
* * * * *
PUBLISHED BY:
e- kutub.com on www.e- kutub.com & Google Books

المحتويات

مقدمة

الفصل الأول: تاريخ النانو ورواده

- نبذة تاريخية عن النانو
- رواد النانو

الفصل الثاني: مقياس النانو ومفهومه

- المادة والفراغ والنانو
- مقياس النانو
- مفهوم علم وتقنية النانو
- النانو في الطبيعة

الفصل الثالث: فوائد تقنية النانو وتأثيرها على الحياة

- فوائد تقنية النانو
- التقنية (النانو) والحياة

الفصل الرابع: طرائق تحضير التراكيب النانوية وفحصها

- أسلوب أعلى ــ أسفل
- أسلوب أسفل ــ أعلى
- أجهزة فحص وتوصيف التراكيب النانوية

الفصل الخامس: أنواع التراكيب النانوية وخواصها

- أنواع التراكيب النانوية
- الصفات العامة للتراكيب النانوية

الفصل السادس: مخاطر وتحديات تقنية النانو

- مخاطر تقنية النانو الصحية
- تأثيرات تقنية النانو على البيئة
- الآثار الاجتماعية لتقنية النانو
- تحديات في تقنية النانو

الفصل السابع: تطبيقات نانوية متنوعة

- سوق المنتجات النانوية
- الصناعات الالكترونية النانوية
- الطب النانوي
- تنقية الماء بتقنية النانو

الفصل الثامن: واقع تقنية النانو وآفاق المستقبل

المراجع

مقدمة

ربما لم تحظ تقنية بما تحظى بها تقنية النانو اليوم. ذلك لما يمكن أن تقدمه من إمكانيات وتوقعات كانت وحتى وقت غير بعيد اقرب إلى الخيال منها إلى الواقع. من تلك الإمكانيات والتوقعات أن يتم صنع مركبات بحجم صغير جداً بحيث لها المقدرة على التجوال في داخل الجسم البشري وتقوم بالتشخيص وإيصال الدواء وإصلاح الأضرار وعلاج الأمراض العضالة، صنع أدوات طبية ومختبريه لا تلتصق بها الجراثيم, صنع كمبيوترات بحجم خاتم الإصبع أو حتى اصغر وذات سرع فائقة، تصنيع سبائك أقوى من الفولاذ بمرات وبنفس الوقت اخف منه بمرات، تنقية الماء وتحليته وحل مشكلته ومشكلة الغذاء في العالم والى الأبد... الخ! ومع أن أغلب هذه التوقعات لم يتم تحقيقها فعلاً بتقنية النانو لحد الآن، إلا انه بدأ الكلام عنها في بعض الأدبيات والمجلات والدوريات على أن المسـألة مسألة وقت لا غير وتصبح عن قريب حقيقة واقعية! وبعض الشركات باتت تروج فعلياً لبضاعتها على أن تقنية النانو قد أُستخدمت في منتجاتها، فهنالك اليوم أكثر من 1000 منتج نانوي في السوق.

إن تقنية النانو قد تغلغلت في مختلف فروع العلوم البحتة كالفيزياء والكيمياء وعلوم الحياة، فضلاً عن العلوم التطبيقية كالهندسة والطب, وبات واضحاً بأن سيكون لها تأثير قوي في كافة المجالات الزراعية، الاقتصادية، السياسية،

البيئية، الاجتماعية، الصحية والعسكرية, وبذلك يمكن أن تؤثر هذه التقنية على مختلف جوانب الحياة مستقبلاً.

كما عُرِف القرن الماضي باسم ثورات علمية كبيرة كالثورة النووية في النصف الأول منه وثورة المايكرو والمعلوماتية في النصف الثاني منه، بلا شك فإن تقنية النانو هي ثورة القرن الحادي والعشرين، على الأقل النصف الأول منه، والنانو سيكون احد أهم مؤشرات تقدم الأمم. لذلك فإن الدول المتقدمة والعظمى تنفق الآن مبالغ طائلة لتطوير هذه التقنية والاستفادة منها. فهنالك صراع أو مايشبه الحرب الباردة بين تلك الدول لمسك زمام المبادرة وسبغ أسرار وأغوار هذه التقنية العجيبة. تُرى ما السر وراء الجري خلف هذه التقنية وصرف مليارات الدولارات عليها؟ خصوصاً من قبل دول تعاني أساساً من واقع اقتصادي صعب. والى أي حد يمكن أن تحل تقنية النانو في المستقبل القريب مشاكل العالم العضالة فعلاً؟ وما هي التأثيرات الصحية، البيئية، الاجتماعية، السياسية والاقتصادية بل حتى الأخلاقية التي يمكن أن تنتج عن استخدام هذه التقنية؟

في هذا الكتاب سوف تتم الإجابة عن مثل هذه الأسئلة، والتعرض لمفهوم النانو وتاريخه وأنواع المواد النانوية وخصائصها وطرائق تحضيرها وتطبيقاتها وما تم بالفعل وما يؤمل منه أن يتم تطبيقه بالمستقبل ومشاكلها وتحدياتها، بما قل ودل بأسلوب بسيط يسهل فهمه على الجميع من طلاب علم ومثقفين. أما فيما يخص عنوان الكتاب، فهو أن المواد النانوية في حقيقة أمرها هي مواد اعتيادية قد أُعيد تشكيلها وتصغيرها لتكوين مواداً ذات صفات مختلفة عن تلك الموجودة بحالتها

بالحجم الأكبر، لذلك فإن المواد النانوية تمتلك عالم خاص بها بشكله وتصرفاته وخواصه، وأضحى عالم النانو متعارف عليه بالجسيمات والتراكيب التي تكون أبعادها (الطول، العرض، الارتفاع) أو احدهم بمدى (1-100 نانوميتر) ووحدة النانو بالأصل تساوي جزء واحد من المليار جزء.

وفي الختام اقدم شكري وتقديري لكلاً من الدكتور عصمت رمزي عبد الغفور والدكتورة إرادة عبد الخالق خليل لمراجعتهما مسودة الكتاب وابدائهما ملاحظاتهما القيمة حول مضمونه. والله ولي التوفيق.

الفصل الأول:

تاريخ النانو ورواده

منذ القدم استخدم الإنسان النانو دون أن يدري، عدة شعوب استخدمت بعضاً من المواد النانوية وتقنيات يمكن اعتبارها نانوية، في التلوين والطلاء وغيرهما. فكان يستخدم في صناعات معينة لإعطائها صفات خاصة، مثل الألوان الزاهية أو المتانة الكبيرة للسيوف وغيرها. حديثاً، أصبح هذا العلم واحداً من العلوم الرائدة الذي ساهم في تأسيسه وتمهيده مجموعة من العلماء بنتاجات وأفكار متميزة وثورية.

نبذة تاريخية عن النانو

تاريخياً، النانو أو استخدام الجسيمات والتراكيب النانوية في الصناعة ليس جديداً، فقد أُستخدم منذ القدم في صناعات معينة أعطتها صفات خاصة بقيت حتى وقت قريب سراً من الأسرار، حيث تم كشف النقاب عنها بواسطة أجهزة فحص النانو حديثاً. وعلى سبيل المثال لا الحصر، نورد بعض الصناعات القديمة التي دخل النانو فيها من دون أن يعلم

أصحابها أنهم يستخدمون تقنية من تقنيات النانو. فأقدم الأمثلة المعروفة هي كاس الملك الروماني (لايكورجوس) الذي يعود إلى القرن الرابع الميلادي، الموجود الان في المتحف البريطاني بلندن، والذي يتغير لونه تبعاً لزاوية سقوط الضوء عليه، وقد أُكتشف أن هذا الكأس يحتوي على جسيمات الذهب النانوية[1]. فقد كان الإغريق يخلطون جسيمات الذهب النانوية مع الزجاج لصناعة أواني يتغير لونها طبقاً لزاوية سقوط الأشعة عليها ايضاً. وفي العصور الوسطى استخدم صانعو الزجاج والحرفيون في أوروبا حبيبات الذهب النانوية الغروية في التلوين وفي صناعة الأوعية النفيسة، وكانت نوافذ الكنائس تتميز بتغير ألوانها بسبب هذه الجسيمات النانوية. كما إن تقنية التصوير الفوتوغرافي التي كانت معروفة بالقرنيين الثامن والتاسع عشر الميلادي قد اعتمدت على إنتاج أفلام تصوير وأغشية مصنوعة من جسيمات فضية نانوية حساسة للضوء[2،3]. أما العرب والمسلمون فقد كان لهم حظاً من هذه التقنية أيضاً، وهو السيف الدمشقي، الأسطورة الحقيقية، فحدث عن قوته ومتانته ولا حرج، فقد استخدم هذا السيف العجيب ذو القوة الفائقة في الفترة 900-1750م[4]، حيث كان مشهور عنه أنه يقطع السيوف الأخرى وانه ذو متانة فائقة لا يصمد أمامه أي سيف آخر، بل حتى كان يستطيع أن يقطع الصخر، وقد اعتقد الأعداء أن فيه قوة سحرية، وحالوا مراراً الحصول على سر صناعته لكن محاولاتهم ذهبت أدراج الرياح وظلت الحرفة حكراً يتوارثها الأبناء من الآباء[5]. وكان هذا السيف احد أسلحة معركة حطين. وحديثاً وباستخدام المجهر الالكتروني الماسح تم اكتشاف وجود أنابيب الكربون النانوية المعروفة بالقوة

والصلابة في تركيب هذا السيف والتي نتجت بسبب المعاملة الحرارية للسيف أثناء عملية التصنيع، وبذلك أزيل الستار عن لغز حير العقول لأكثر من ألف سنة.

رواد النانو

من الصعوبة البالغة بمكان تحديد الرواد لهذا العلم الديناميكي المتسارع بصورة دقيقة دون أن يُغبن احد، لكن قدر الإمكان يمكن تحديد مجموعة من العلماء الذين أصبحت لهم بصمات واضحة في عالم النانو والذين مهدوا الطريق لتطبيقات النانو المختلفة، إن هذا التقسيم اعتباري، فقد يرى الغير أن هناك علماء آخرون غير ما ذكر هنا أو يرون أن بعضاً ممن ذكر هنا لا يرقى إسهامهم إلى مرتبة الريادة، على كل حال، ما ذكر هنا هم أهم العلماء الذين ساهموا أسهاماً فعالاً في هذا العلم بأفكارهم أو نتاجهم. وهؤلاء العلماء الرواد هم:

1. ريتشارد فينمان: وهو عالم فيزياء أمريكي، حائز على جائزة نوبل في الفيزياء عام 1965م، كان ممن شارك في أبحاث تطوير القنبلة الذرية في أربعينيات القرن الماضي. في عام 1959 ألقى محاضرته الشهيرة ذات العنوان الغريب (هناك كثير من الغرف في القاع)(6) والتي توقع فيها انه بالإمكان الحصول على خواص جديدة للمادة من خلال إعادة ترتيب الجزيئات والذرات. حيث بين في حينها أن المادة عندما يصغر حجمها اصغر فاصغر تتصرف بشكل مغاير عن المقياس

الأكبر. وبذلك يمكن تعديل صفاتها والرفع من سماتها كاستخدامها في صنع آلات متناهية في الصغر وذات كفاءة اكبر من تلك ذات الحجم الأكبر. مع انه لم يشر في محاضرته صراحةً إلى مصطلح تقنية النانو لكنه تكلم بصورة استشراقية حول دور التقنية الصغيرة في المستقبل. ومع ذلك فإن محاضرته وأرائه وأفكاره لم تلق قبولاً من قبل جمهور العلماء في حينها، وإنما عُدت ضرباً من ضروب الخيال العلمي[2].

2. ارثر اوهلير: كان باحثاً في مختبرات بل الأميركية للهواتف. في عام 1956م كان يجري بحوثاً حول الطلاء والقشط (الصقل) الكهربائي لعنصري السليكون والجرمانيوم باستخدام طريقة كهربائية مع بعض الحوامض. ذات يوم وبينما كان يقوم بتجاربه المعتادة على الطلاء لاحظ ظهور بقع صفراء ذهبية اللون على شريحة السليكون عند تسليط تيار اقل من التيار اللازم للقشط[7]. لم يُعِر اهتماماً لما حدث وإنما اكتفى فقط بتسجيلها في سجل ملاحظات مختبرات بل، ولا من جاء بعده اهتم بتلك المشاهدة إلى نهاية ثمانينيات القرن الماضي. حيث تبين أن تلك البقع ما هي إلا التركيب السليكوني الأسفنجي النانوي الشهير، الذي تطبيقاته الآن تعد من أهم تطبيقات النانو، كما باتت تعرف الطريقة هذه بطريقة القشط الكهربائية- الكيميائية والتي تعد الآن من أسهل الطرق للحصول على التراكيب النانوية.
3. ليو ايساكي: عالم فيزياء ياباني، في عام 1969م اقترح تصنيع تراكيب نانوية من مواد شبه موصلة، وكذلك

تصنيع شبيكات شبه موصلة متناهية في الصغر[3]، اقتسم جائزة نوبل في الفيزياء عام 1973م مع عالمين آخرين لاكتشافهم ظاهرة الإلكترون النفقي.

4. نوريو تانكشي: وهو العالم الياباني الذي أطلق مصطلح تقنية النانو لأول مرة عام 1974م. لم يك لهذا المصطلح في حينها دلالة على تقنية مستقلة وإنما أطلق على ورقة علمية مقدمة لمؤتمر الجمعية اليابانية للهندسة الدقيقة[2،3،4]، أي الحاجة في حينها دعت لان يُطلق هذا المصطلح.
5. جيرد بينيك وهنريك رورهر: وهما عالمان سويسريان، اخترعا في عام 1981 المجهر النفقي الماسح، (STM)، وقد حقق هذا الاختراع انجازات علمية كبيرة في عالم الذرة ومن ثم النانو، حيث تم تصوير وتحريك الذرات لأول مرة بوساطته[2،3]. وقد حصل هذان العالمان على جائزة نوبل في الفيزياء عام 1986 عن هذا الاختراع.
6. اريك دريكسلر: وهو عالم رياضيات أميركي، مؤلف الكتاب الشهير (محركات التكوين) عام 1986[8]، ويعده كثير من العلماء بأنه المؤسس الحقيقي لتقنية النانو. وكان قد وصف في كتابه صورة عن المركبات النانوية.
7. ليه كانهام: كان باحثاً في وكالة الدفاع الانكليزية، وفي عام 1990 اكتشف أن السليكون الأسفنجي النانوي الذي حضره بالطريقة الكهربائية-الكيميائية يمكن أن يبعث إشعاع مرئي[7]، ومن المعروف أن السليكون الاعتيادي لا يبعث ضوءاً مرئياً، وهذا يعني أن خواص السليكون

قد تغيرت نتيجة تحويله من الحجم الكبير إلى الحجم النانوي. وبعد هذا الاكتشاف المثير توالت الأبحاث على تركيب السليكون النانوي وغيره من التراكيب النانوية.

8. سوميو ايجيما: وهو العالم الياباني الذي اكتشف أنابيب الكربون النانوية الشهيرة عام 1991[9]، التي هي عبارة عن تراكيب اسطوانية متعددة الجدران ومجوفة من الكربون أقطارها بالنانوميترات، وهذه الأنابيب تمتلك خصائص ميكانيكية وفيزيائية وكيميائية متميزة، وتَعِد بثورة علمية كبيرة.

9. ريتشارد سمالي: اكتشف مع عالمين آخرين هما هارولد كروتو وروبرت كيرل الفوليرينات، واحد صورها عبارة عن تراكيب نانوية تتكون من 60 ذرة كربون تتجمع على شكل شبيه بكرة القدم، وقد حصل هؤلاء العلماء على جائزة نوبل في الكيمياء عام 1996 عن هذا الاكتشاف[8،10].

10. أندريه غييم وكونستانتين نوفوسيلوف: عالمان روسيان، طورا مادة نانوية تدعى الكرافين ثنائية الأبعاد على شكل سداسي عام 2004م، والمادة عبارة عن صفيحة بطول 50 ذرة وعرض ذرة واحدة، ولها صفات فريدة من الصلابة وقلة السمك اضافةً إلى السعر المناسب مما يجعلها منافس قوي للسليكون في عالم الالكترونيات[11]، وقد حازا على جائزة نوبل عام 2010م عن هذا العمل.

الفصل الثاني:

مقياس النانو ومفهومه

إن المادة في اغلبها فراغ، وتقنية النانو استغلت هذا الفراغ الذي سمح بإعادة هيكلة المادة إلى المقياس النانوي. وللنانو عالمه ومفهومه الخاص وكذلك مقياسه الخاص. وتطبيقات النانو المختلفة تنبع من المقياس الصغير للمادة التي تؤدي بدورها إلى زيادة المساحة السطحية للتركيب النانوي نسبةً إلى حجمه وزيادة عدد الذرات السطحية بشكل كبير مما يؤدي إلى تغير خواص التركيب النانوي عما هو اكبر منه. كما أن الطبيعة تزخر بالأمثلة على العمليات النانوية في الحيوانات والنباتات والجمادات والعمليات الحياتية داخل الخلية الحية كذلك.

المادة والفراغ والنانو

كلما كبر حجم المادة التي نتعامل معها كالكواكب والمجرات أو صغر حجمها كالذرات والجزيئات والجسيمات النانوية كلما احتجنا إلى فهم طبيعة المادة وكيفية تكوينها

وتفاعلاتها الداخلية بشكل أفضل. فالمادة تُعرف على أنها كل ما يشغل حيزاً في الفراغ وله كتلة. ووحدة بناء المادة هي الذرة، بتكرارها تتكون الجزيئات فالمادة بالشكل الذي نعرفه ونراه. والمادة قد تكون كلها مكونة من ذرات من عنصر واحد مثل الحديد والنحاس ... الخ، أو تكون مكونة من عنصرين مختلفين أو أكثر مثل الماء والملح ... الخ.

عدد العناصر المكتشفة والمصنعة لحد الآن هي 118 عنصراً، 92 عنصراً منها موجود طبيعياً و26 عنصراً مصنعاً. إن الذرة لأي عنصر من هذه العناصر تتكون من فراغ شاسع، في وسط الذرة هنالك نواة موجبة الشحنة، تتكون من بروتونات موجبة الشحنة ونيوترونات متعادلة الشحنة، وتدور حول النواة الكترونات سالبة الشحنة. بالنسبة لمقياس الذرة، فان المسافة بين الالكترونات والنواة كبيرة جداً جداً. لذلك فان الذرة في معظمها عبارة عن فراغ مهول وبالتالي فان المادة بدورها هي أيضاً في الواقع في معظمها عبارة عن فراغ شاسع لان المادة ما هي إلا مجموعة كبيرة من الذرات المرتبطة مع بعضها الآخر بطريقة معينة. إن النواة التي تقع في مركز الذرة تمثل اغلب كتلة الذرة، فأكثر من 99,9 % من كتلة الذرة تمثله النواة، أما الالكترونات التي تدور حول النواة فكتلتها ضئيلة جداً بالنسبة لها إلى الحد الذي يمكن إهمالها في بعض الأحيان، لكنه الجسيم الأكثر أهمية ونشاطاً في الذرة والذي تُعزى له مختلف التطبيقات الالكترونية المعروفة، وان نسبة حجم نواة الذرة إلى حجم الذرة ككل هو 1 إلى 100000، أي انه إذا قسمنا الذرة إلى مئة ألف جزء فجزء واحد فقط به كتلة والباقي فراغ. ليس هذا فحسب بل النواة ذاتها غير متراصة وهنالك فراغات بين

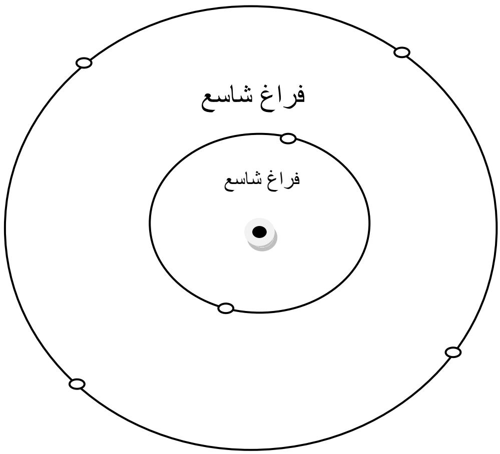
الجسيمات التي تكونها كذلك. الشكل1 ــ ا يمثل ذرة لعنصر الكربون، وكما هو ملاحظ فان الذرة في معظمها عبارة عن فراغ، وهذا الرسم تقريبي حيث في الواقع الفراغ اكبر بكثير مما موضح في الرسم.

تميل ذرات المواد المختلفة إلى التجمع لتكوين مركبات كيميائية من الجزيئات، ونادراً ما توجد الذرات بشكل منفرد إلا إذا توفرت لها بعض الظروف الخاصة، فالذرات تميل إلى التفاعل مع ذرات أخرى للوصول إلى حالة الاستقرار[2]. وترتبط الذرات في الجزيئات بروابط تسمى الأواصر, والأواصر هذه تعد ركن من أركان علم النانو المتشعب[2]. وذلك لان اعادة تشكيل الذرات والجزيئات يمكن أن يولد صوراً أخرى من المواد على هيئة كيانات متناهية في الصغر وهو ما يعرف بالجسيمات أو المواد النانوية.

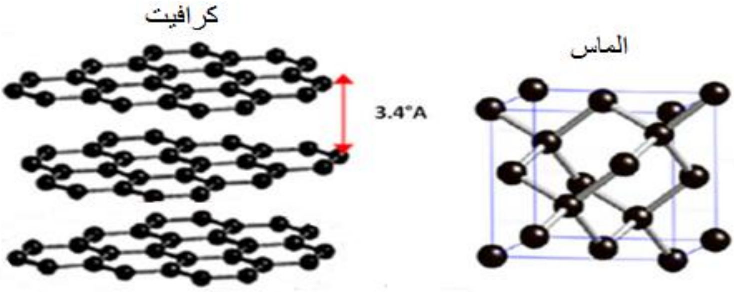
المادة في الطبيعة توجد على أربع حالات وهي: الحالة الصلبة، الحالة السائلة، الحالة الغازية والحالة الرابعة التي تدعى بالبلازما. والمادة في الحالة الصلبة تمتاز بكونها تمتلك شكل وحجم ثابتين، هذا ما نراه بالظاهر لكن داخل المادة هنالك تفاعلات معينة تؤثر في المادة على المستوى الصغير. إن المواد في الحالة الصلبة تتكون نتيجة تقارب عدد كبير من الذرات من بعضها البعض لتكوين البلورة أو المادة الصلبة، كما نلاحظ ذلك في الشكل1-ب الذي يمثل تجمع عدد كبير من ذرات الكربون لتكوين صورتين من صور الكربون وهما الألماس والكرافيت، نلاحظ من هذا الشكل الفراغات أو ما يشبه الغرف والباحات الواسعة بين الذرات، ليس هذا خاص بمادة الكربون فقط بل كل

المواد تحتوي على مثل هذه الفراغات لكن بأشكال مختلفة. ومن الجدير بالذكر أن الذرات سوف تتأثر بما يسمى المجال البلوري، أي أن الالكترونات في الذرة الواحدة لن تتأثر بالشحنات الموجبة الموجودة في نواة ذرتها فحسب، بل تتأثر بالالكترونات والذرات الموجودة في البلورة ككل. إذاً يمكن أن نستنتج أن المادة بفراغها الشاسع وطبيعة تركيبها وتفاعلاتها الداخلية أذا ما تم تعديل أو تغيير ذلك لامكن الحصول على مواد جديدة أو بتعبير أدق تراكيب من نفس المادة لكن ذات خواص تختلف عن تلك للمادة الأصلية من حيث الصلابة وخفة الوزن ومقاومة التآكل والظروف الجوية والبيئية المختلفة وغيرها من الصفات المستحسنة والمرغوبة، وما تلك التراكيب الجديدة إلا التراكيب والجسيمات النانوية المعروفة الآن وما هذا الفراغ الشاسع بين الذرات في المادة الذي يشبه الغرف والساحات إلا ما تكلم عنها العالم ريتشارد فينمان في محاضرته الشهيرة قبل أكثر من نصف قرن من الآن، والذي توقع بتعديله سوف ترتفع سمات المادة وتصرفاتها وذلك بسبب تغير خواصها الفيزيائية والكيميائية إلى صفات أكثر رغبةً وامتيازاً كنتيجة لتصغير حجمها إلى المقياس النانوي. يمكن ملاحظة ذلك في الشكل1 ــ ج الذي يمثل أنواعاً من التراكيب الكربونية النانوية[12]، حيث الاختلاف واضح من حيث الهيئة عن مادة الكربون الاعتيادية الموضحة في الشكل1 ــ ب. إن الكرافيت (قلم الرصاص) هو شكل من أشكال الكربون، والطبقة الواحدة منه فقط تسمى كرافين والفولّرينات (أنابيب الكربون النانوية وكرة بكي) يمكن الحصول عليها من تعديل هذه الطبقة الواحدة (الكرافين) بلفها على شكل اسطوانة للحصول على أنابيب الكربون النانوية أو

التفافها حول نفسها على شكل كرة للحصول على ما يسمى بكرة بكي. يتشارك الكرافيت والفولّرينات والكرافين في الترتيب البنيوي الأساسي للذرات المكونة لها. تبدأ كل بنية من هذه البنى بست ذرات كربون مرتبط بعضها ببعض ارتباطا كيميائياً وثيقاً لتؤلف شكلاً سداسياً منتظماً وهو ما يعرف بحلقة البنزين[11]. ومن هنا يتبين أن التراكيب النانوية التي يمكن الحصول عليها من مادة معينة (في هذه الحالة الكرافين وأنابيب الكربون وكرة بكي) هي نفس المواد الاصلية الناتجة عنها لكن قد أُعيدَ هيكلة ذراتها أو جزيئاتها.



(ا)



(ب)



(ج)

شكل1: ا. رسم تقريبي لذرة عنصر الكربون وكما مبين فان الذرة في معظمها فراغ شاسع، والشكل ب. صورتين من صور الكربون وهما الألماس والكرافيت، نلاحظ المساحات والفراغات الشاسعة بين الذرات التي بتعديلها نحصل على الأنابيب والتراكيب الكربونية النانوية المختلفة كما في الشكل ج[12].

مقياس النانو

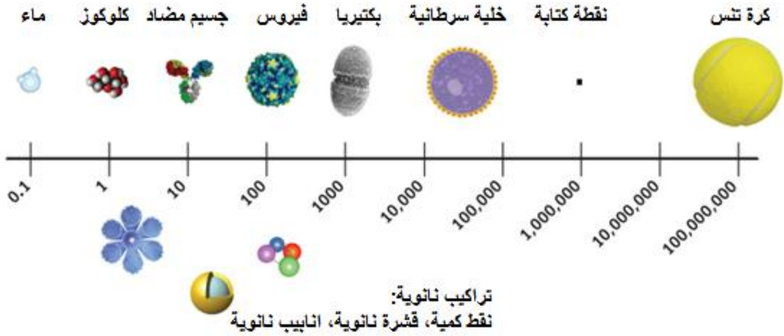
لإدراك المقياس النانوي، لنتصور أن لدينا سنتمتر مكعب من مادةٍ ما، لتكن الحديد، الآن لنفرض أن هذا السنتمتر

المكعب من الحديد قد قُسِمَ إلى مكعبات اصغر منه، طبعاً سيقل حجم كل مكعب، لكن سوف يبقى محتفظاً بنفس صفات الحديد من اللون الرمادي وجودة التوصيل الكهربائي والحراري وغير ذلك من الصفات المعروفة للحديد. لكن عندما يستمر التقسيم أو التقطيع ليصل إلى مقدار معين من الصغر بحيث يتغير عنده خواص الحديد نكون قد وصلنا إلى مقياس النانو إذا أصبحت جسيمات الحديد ذات مقياس ما بين 1 إلى 100 نانوميتر في احد الأبعاد أو بعدين أو ثلاث أبعاد. لنقف عند هذه النقطة لأنها مهمة في فهم أنواع التراكيب النانوية لاحقاً، فالمكعب يكون له طول وعرض وارتفاع أو نقول له ثلاث أبعاد، وعندما يكون احد أبعاد المكعب قد صُغّر إلى مقياس نانوي (1-100 نانوميتر) نقول عندئذ انه قد حصلنا على تركيب نانوي، والتركيب النانوي في مثل هذه الحالة يدعى الرقيقة النانوية على وجه التقريب. والتركيب الذي له بعدان (طول وعرض) ضمن المقياس النانوي يدعى عندئذ بالسلك النانوي. أما التركيب الذي له ثلاث أبعاد بالمقياس النانوي فيدعى بالنقاط الكمية أوالجسيمات النانوية. فالمادة بالحجم الملموس يمكن لها أن تُنتج هذه الأنواع الثلاثة من التراكيب النانوية باستخدام طرائق تصنيع التراكيب والجسيمات النانوية التي سيتم تناولها لاحقاً.

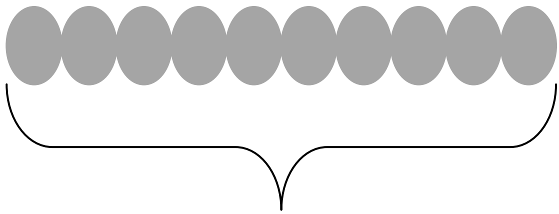
لغرض المقارنة بين مقياس الجسيمات والتراكيب النانوية والأجسام وبعض الكائنات الحية وغير الحية يمكن ملاحظة الشكل 2[13]. إن عشر ذرات هيدروجين لو وضعت على شكل خط مستقيم لأصبح طولها نانوميتر واحداً تقريباً، كما أن خمس ذرات سليكون لو وضعت هي الأخرى على خط مستقيم لأصبح طولها نانوميتر واحداً، بينما لو وضعت ثلاث

ذرات ونصف الذرة من الذهب على خط مستقيم لأصبح طولها نانوميتر واحداً[14]، فمن الواضح أن ذلك يعتمد على حجم الذرة، كما يمكن توضيح ذلك من خلال الرسم المبسط في الشكل 3. إن اصغر شيء يستطيع الإنسان رؤيته بعينه المجردة يكون عرضه بحدود 10000 نانوميتر. ومعدل سمك شعرة من الانسان تقريباً 80000 نانوميتر، كما يصل سمك الورقة العادية المستخدمة في الكتابة تقريباً 100000 نانوميتر.

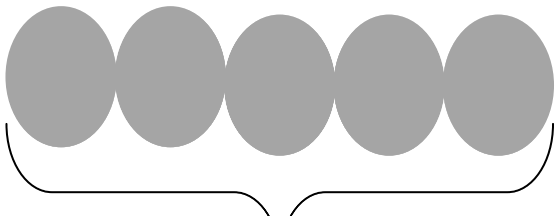
إن تصغير حجم المادة إلى الأبعاد النانوية يؤدي إلى تغيير عدد ذرات السطح نسبةً لعدد الذرت الداخلية. فمثلاً النسبة المئوية لعدد الذرات السطحية لسنتمتر مكعب من الحديد هي فقط 0,00005%، هذه النسبة يمكن أن تزيد إلى 5% إذا تم تقسيم المكعب باستخدام إحدى طرق تصنيع الجسيمات النانوية إلى جسيم قطرة 30 نانوميتر، ويمكن أن تصل هذه النسبة إلى 10% إذا ماتم تصغير قطر الجسيم هذا إلى 10 نانوميتر، وفي حالة صنع جسيمات حديد قطرها 3 نانوميتر فان نسبة ذرات السطح تكون 50% من نسبة الذرات الكلية الداخلة في تركيب هذا الجسيم، فمع تصغير حجم الجسيم النانوي تزداد عدد ذرات سطحه نسبةً إلى عدد الذرات الداخلية الموجودة في قلب الجسيم[14]. وهذا التغير الدراماتيكي في نسبة ذرات السطح إلى الذرات الداخلية للتراكيب النانوية يمكن أن يُفسر سبب تغير الخواص الكيميائية والفيزيائية والميكانيكية للمركبات النانوية[14].



شكل 2: مقارنة مع المقياس النانوي لأشياء مختارة[13].



أ.   طول عشر ذرات هيدروجين استقامة واحدة يعادل واحد نانوميتر.



ب. طول خمس ذرات سليكون على استقامة واحدة يعادل واحد نانوميتر.

شكل3: طول ذرات الهيدروجين والسليكون على استقامة واحدة بالنانوميتر.

مفهوم علم وتقنية النانو

إن كلمة "النانو" مشتقة من الكلمة الإغريقية "نانوس Nanos, " والتي تعني القزم أو كل شيء صغير، والنانو أصلاً هو وحدة رياضية وتساوي جزء واحد من المليار، مثلاً 1 نانوميتر = جزء واحد فقط من مليار جزء من المتر. ولكن اليوم كلمة نانو مطلقةً تعني أكثر من كونها وحدة رياضية، وإنما تعني علم أو تقنية النانو برمته.

إلى اليوم لا يوجد هنالك إجماع على تعريف موحد لعلم وتقنية النانو، وذلك بسبب التشعب والتداخل مع عدة علوم طبية وهندسية وصرفة. وهذا التنوع والتداخل يعكس حقيقة أن علم النانو واسع الانتشار والتشعب لذا فكل علم ينظر إلى علم النانو وتقنيته من منظاره وزاويته الخاصة(2). كما أن هناك فرق بين علم النانو وتقنية النانو كالفرق بين علم الفيزياء والهندسة الكهربائية والالكترونية اللذان هما تطبيق لمبادئ الفيزياء أو الفرق بين علم الكيمياء والهندسة الكيميائية وهندسة النفط واللذان هما تطبيق لمبادئ الكيمياء. لذلك هناك تعريفان منفصلين واحد لعلم النانو والآخر لتقنية النانو. فعلم النانو يمكن أن يُعرف على انه ذلك الفرع من العلوم الطبيعية الذي يهتم بدراسة الخواص الفيزيائية والميكانيكية والكيميائية المرتبطة بتصغير احجام المواد الى المقياس النانوي في بعد أو بعدين أو جميع الأبعاد بحيث يكون احد ابعاد المادة على الاقل في المدى من 1 إلى 100 نانوميتر. إما تقنية النانو فإنها تهتم اساساً بصنع التراكيب والجسيمات والأجهزة النانوية وإدخال المفاهيم النانوية في الصناعة أكثر من اهتمامها بصفاتها الفيزيائية والميكانيكية والكيميائية. أما مسألة تحديد المواد النانوية في المدى 1-100 نانوميتر فهي مسألة اعتبارية، فيوجد تعاريف أخرى لا تحدد علم أو تقنية النانو ضمن هذا المدى وإنما تعد

علم النانو من يتعامل مع الجسيمات في المدى النانوي إلى حين ظهور صفات فيزيائية وميكانيكية وكيميائية جديدة مرتبطة بتصغير حجمها. لكن هذا المدى (1-100 نانوميتر) أصبح واسع الانتشار والاستخدام للدلالة على علم النانو وتقنيته.

من الخطأ القول أن تقنية أو علم النانو يهتم بدراسة المواد أو الجسيمات المتناهية في الصغر، لان مثل هذه الجسيمات معروفة أصلاً قبل ظهور مصطلح علم أو تقنية النانو ولها علوم خاص بها كالفيزياء الذرية والفيزياء النووية، فالذرات متناهية في الصغر وما هو اصغر من الذرة مثل مكونات الذرة، بل حتى مكونات الذرة تتكون مما هو اصغر منها. فما الذي يعنيه الجسيم المتناهي في الصغر وما الذي يعنيه الصغير؟ يجب التفريق بينهم. فجسيمات النانو ليس اصغر ما توصل وتعامل معه الإنسان، فقد تعامل وحرك الذرات التي هي اصغر من العالم النانوي لكن بتجمع عدد معين منها نحصل على المقياس النانوي. ومع ذلك يطلق على تقنية النانو ايضاً تقنية الصغائر أو تقنية الجسيمات المتناهية في الصغر.

كما يمكن اعتبار أن عالم النانو هو الحد الفاصل بين عالم الجزيئات وعالم المايكرو، والمايكرو هو جزء واحد من المليون، وبذلك يمكن القول أن عالم المايكرو اكبر من عالم النانو ب 1000 مرة.

النانو في الطبيعة

كانت الطبيعة وما زالت المعلم الأول للإنسان وملهمته لتفجير طاقاته الكامنة المدفونة في أعماقه، فحتى أرقى ما

توصل إليه العقل البشري من تقنية وهي تقنية النانو نستطيع أن نجد جذورها راسخة ومتأصلة في الطبيعة في عملياتها المختلفة بما فيها من جماد ونبات وحيوان. فالطبيعة مليئة بالأمثلة على العمليات النانوية والتي يتم الاستفادة من آلياتها في تطبيقات وصناعات نانوية متعددة. إن العمليات الخاصة والمتميزة لبعض النباتات والحيوانات قد يكون سببها احتواء تلك الكائنات على التراكيب والجسيمات النانوية[15]، هذا بالإضافة إلى بعض العمليات الطبيعية في عالم الجمادات التي قد تُنتج الجسيمات النانوية أو بالعكس والتي قد يكون سببها الجسيمات النانوية.

في عالم الحيوان هنالك أمثلة على حيوانات تحتوي على تراكيب نانوية في أجزاء من جسمها، تعطيها صفات خاصة ومميزة، فمثلاً الألوان الزاهية والجميلة في ريش الطاووس سببها هو التراكيب النانوية المتضمنة في ريشه[16]. حيث كل ريشة من ريشه تحتوي على ألاف الفروع المستوية المتضمنة على جسيمات نانوية، ونتيجةً لانعكاس الضوء منها تعطي الألوان المختلفة والزاهية، كما مبين في الشكل 4[17]، كما إن الألوان الجميلة والمختلفة للفراشات تُعزى إلى نفس هذا السبب، إي احتواء أجنحتها على جسيمات نانوية, كما تحتوي أجنحة العث أيضاً على الجسيمات النانوية. ومن أمثلة النانو وفائدته لدى بعض السحالي مثل أبو ابريص هي احتواء أقدامه على شعيرات ماكروية كل منها مكونة من 1000 ما يشبه الأسلاك أو النتوءات النانوية والتي تمكنه من المشي على الجدران حتى وان كانت متسخة أو دهنية أو ملساء أو حتى الزجاج، كما تمكنه أيضاً من المشي على السقوف مقلوباً[15]. أما في عالم النبات فالأمثلة كثيرة، وأشهرها هي أوراق نبات اللوتس، فهذا النبات

بالذات وقدرته على صد الأوساخ والبكتيريا ومنع قطرات المطر من الالتصاق به قد حفز العلماء على التفكير في إنتاج أدوات مختبرية وجراحية ذاتية التنظيف أي لا تلتصق بها الأوساخ والبكتيريا اضافةً إلى إنتاج ملابس وأصباغ ومعدات أخرى لا تلتصق بها الأوساخ والملوثات والماء كذلك[15]. فما هو هذا النبات العجيب؟ وكيف يعمل على عدم التصاق الماء به والملوثات والأوساخ؟ أي ما هي آليته للتنظيف الذاتي؟ نبات اللوتس هو نبات مائي معمر جميل المظهر، حيث ان الماء كما الأوساخ تلامس فقط قمم نتوءات ورقة اللوتس التي تكون نانوية الأبعاد، قطرات ماء المطر تبلل الأوساخ المتواجدة على ورقة اللوتس بسهولة فتدفعها وتتدحرج معها بسهولة تاركةً بعدها السطح نظيفاً كما يمكن ملاحظة ذلك في الشكل 5[18،19]، كما أن ورقة اللوتس تحتوي على طبقة دهنية تساعد على كفاءة عملية التنظيف هذه[15].

هناك عمليات وتفاعلات طبيعية يمكن أن تؤدي إلى تكوين جسيمات نانوية، وتعد الانفجارات البركانية من المصادر الطبيعية الكبيرة للجسيمات النانوية التي تنتشر خلال الغلاف الجوي ولمسافات بعيدة، شكل 6[20]، كما أن اللون الأحمر الذي يظهر في السماء عند شروق الشمس يعزى إلى وجود الجسيمات النانوية في الغلاف الجوي. والحرائق بأنواعها تُعد مصدراً آخر من مصادر الجسيمات النانوية الطبيعية.

ليس هذا فحسب، فالعمليات الحيوية داخل اجسام الحيوانات والإنسان والنباتات مليئة بالأمثلة التي تتدخل فيها الجسيمات النانوية لانجاز العمليات الحيوية الضرورية لعمل

الخلايا. فعالم الجزيئات أبعاده بالنانوميتر, والخلايا على اختلاف أنواعها وسواء كانت حيوانية أم نباتية أبعادها بالنانوميتر والفيروسات كذلك بالنانوميتر, فالخلية الحية اذاً مثالاً للنانو بالطبيعة، ومكوناتها كذلك تكون بأبعاد نانوية، وما تقوم به من تصنيع مثل البروتين يكون ايضاً بأبعاد نانوية، والأنزيمات تُعد مصنع نانوي يقوم بفصل الجزيئات أو جمعها حسب حاجة الخلية، كما يحتوي الحليب على جسيمات البروتين النانوية المعلقة في الماء الذي يحتويه.

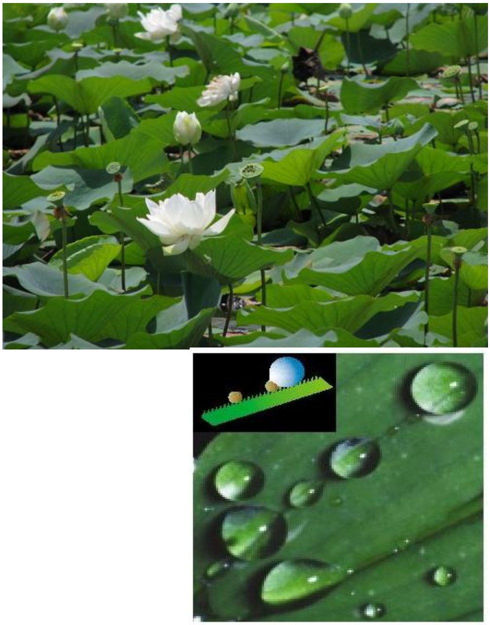
وبمحاكاة الطبيعة ببعض ظواهرها التي تُنتِج جسيمات نانوية مثل البراكين، نستطيع تفسير إنتاج بعض المصانع للجسيمات النانوية، حيث تُنتَج الجسيمات النانوية من الأفران ومكائن المصانع والمحركات وسخام الحمامات والحرائق.

ليس هذا فحسب، بل حتى قلم الرصاص (الكرافيت) الذي عندما نستخدمه في الكتابة تنفصل طبقات الكرافيت (الطبقة الواحدة تسمى كرافين كما مبين في الشكل 2-ج) تاركاً ورائه أثراً من آثار النانو على الورقة.





شكل 4: ريش ذيل الطاووس الجميل يحتوي عل جسيمات نانوية[17].



شكل 5: التنظيف الذاتي في ورق نبات اللوتس [18،19].



شكل 6: البراكين مصدر طبيعي من مصادر الجسيمات النانوية[20].

الفصل الثالث:

فوائد تقنية النانو وتأثيرها على الحياة

مما لا شك فيه أن تقنية النانو قد صنعت ثورة علمية هائلة، ثورة تماثل الثورات العلمية الكبيرة التي حدثت عند ابتكار الترانزستور والدوائر المتكاملة والكومبيوتر وأمثالهم. ولهذه التقنية فوائد جمة بالرغم من السلبيات المرافقة لها، حالها حال أي تقنية سابقة. ونتيجة لحجم هذه التقنية الكبير والمؤثر والمتداخل مع مختلف أنواع الصناعات، فمن المتوقع أن يكون تأثيرها وتداخلها مع الحياة كبيراً، كذلك، إيجاباً وسلباً.

فوائد تقنية النانو

فوائد تقنية النانو الواقعية والمحتملة كثيرة، إلى الحد الذي يصعب تحديدها بالضبط ذلك أنها تقنية جديدة نسبياً وبين الحين والآخر يتم الإعلان عن اكتشاف أو اختراع مثير لاستخدامات تقنية النانو، ويمكن إجمال فوائد تقنية النانو بما يلي:

1. بصورة عامة، المواد المصنعة بتقنية النانو تكون أدق وأجود واخف وزناً واصغر حجماً.
2. قلة استهلاك الطاقة اللازمة في عملية التصنيع مع قلة استهلاك الأجهزة النانوية نفسها للطاقة.
3. يُعتقد أن تقنية النانو ستساعد في تنظيف البيئة والهواء والماء بالرغم من الاحتمالات المتوقعة لتلويثها للبيئة في بعض الجوانب.
4. يمكن أن تحل تقنية النانو مشاكل الصحة والأمراض المزمنة والعضالة ولو جزئياً، إضافةً إلى تشخيص الأمراض وتسليم الدواء، بالرغم من بعض السلبيات الصحية المتوقعة لتقنية النانو.
5. بالنسبة للصناعات الالكترونية، من المتوقع أن تُحدث تقنية النانو ثورة في طرائق وخطوات التصنيع وتصغير حجم المنتجات الالكترونية على اختلاف أنواعها من ترانزستورات نانوية وثنائيات باعثة ضوئية نانوية وغيرهما كثير. اضافةً الى سرعة الاداء.
6. المتانة والصلابة والمرونة وخفة الوزن وصغر الحجم وقلة الاستهلاك للوقود جميعها في منتج نانوي واحد متوقع باستخدام بعض التراكيب النانوية مثل أنابيب الكربون النانوية والكرافين.

التقنية (النانو) والحياة

أصبح ارتباط التقنية في عصر التقنية المتسارع بالحياة أكثر تماسكاً وتداخلاً من أي وقت مضى. وأصبحت التقنية تُفرض علينا فرضاً فننقاد إليها ونذعن، فمن لا يستخدم الحاسوب ومن لا يستخدم الموبايل وعما قريب نقول من لا يستخدم الانترنت ... الخ، ولكن هل صحيح أن التقنية تجعل الحياة أسهل؟ وان النانو سيجعل الحياة أفضل وأجمل؟ التاريخ يقول كلمته، للتقنية وجهان وجه مشرق ووجه مظلم. الوجه المظلم للتقنية ينقسم إلى قسمين، هما: سوء استخدام التقنية بصنع أسلحة الدمار الشامل مثلاً وغيرها، والقسم الثاني يشمل مخلفات التقنية وتأثيراتها الصحية والبيئية والاجتماعية والسياسية. إذا كنا قادرين إلى حد معين ومقبول أن نحمي أنفسنا عند الإنتاج أو الاستخدام لمنتجات الصناعة الجديدة، فمن الصعوبة البالغة حماية البيئة من التأثيرات الكارثية للتقنية، يقول تاراسوف مؤلف كتاب الفيزياء في الطبيعة "الإمكانيات الفنية والتقنية المتوفرة لدى الإنسان اليوم ليست قادرة على تشويه معالم الطبيعة فحسب، وإنما هي قادرة على تدميرها ايضاً "[(21)].

وكما قيل بأن التاريخ يعيد نفسه، فيما يبدو سيحصل ذلك مع تقنية النانو، فتأثيرات هذه التقنية التي تغزو العالم بشكل متسارع غير واضحة المعالم حالياً، ورضينا أم أبينا ستدخل هذه التقنية بقوة في مختلف الجوانب الصناعية وستؤثر على مختلف نواحي الحياة وسنستخدمها حتى إن كانت ذات تأثيرات صحية سلبية أو غير واضحة المعالم، والشواهد التاريخية عديدة. فلنرجع قليلاً إلى الوراء، بالتحديد إلى بدايات ظهور الهندسة

الوراثية وما أُحيك حولها من مزاعم وأساطير، مثل القول بان سيتم في القريب القضاء على كافة الأمراض العضالة وذلك من خلال تحديد الحامض النووي لكل شخص وصناعة دواء خاص لكل فرد، فدواء زيد قد يكون سماً لعمرو، أو قريباً سيتم القضاء على مشكلة الغذاء في العالم بفضل التلاعب بالجينات الوراثية للبذور وغير ذلك من الأقاويل. والحقيقة هي أن الهندسة الوراثية لم يتم قبولها في الصناعات الغذائية، وقد حدثت مظاهرات في كل دول العالم للتنديد باستخدامات الهندسة الوراثية في المحاصيل الزراعية خوفاً من تأثيراتها الصحية، والدليل هو أن شركات المعلبات الغذائية دائماً تكتب العبارة المشهورة الآتية: إن منتجاتنا خالية من المواد المعدلة وراثياً. ومع ذلك قد نتناول مواداً غذائية معدلة وراثياً رغماً عنا، فهل يسأل من يذهب إلى المطعم إن كانت المواد الغذائية التي يستخدمها معدلة وراثياً أم لا، وما بال المنتجات الغذائية التي لا يُكتب عليها أهي معدلة وراثياً أم لا؟ عموماً هنالك اتفاق، وكبار السن اعلم بذلك، هو أن الفواكه والخضراوات واللحوم في السابق هي ألذ وأطيب طعماً من تلك المتوفرة الان, وما ذلك إلا بسبب الأسمدة الكيميائية والهندسة الوراثية.

وما يهمنا هنا هو تقنية النانو، وكيف ستؤثر على الحياة بالقرن الحادي والعشرين؟ لنطرح هذه المسألة من خلال المثال الآتي: إن طائرة ركاب الايرباص الأوروبية العملاقة A380 وزنها وهي فارغة 275 طناً[22] وطائرة البوينغ الأميركية العملاقة 447 وزنها فارغة اخف قليلاً من نظيرتها الأوروبية. الآن لنتصور انه تسعى كلاً من الشركتين العملاقتين إلى تخفيف وزن الطائرة التابعة لها (بتخفيف وزن هيكلها الخارجي

والمحركات والمقاعد ...الخ) من خلال تقنية النانو باستخدام انابيب الكربون النانوية (التي تمتاز بقلة الوزن والصلابة الفائقة مقارنةً مع الحديد أو الالمنيوم) أو غيره من التراكيب النانوية الأخرى، وبالفعل قد بدأت كلاً من الشركتين العملاقتين بمثل هذه الخطوة. لنفترض أن إحدى الشركتين سبقت الأخرى وأنتجت طائرة بنفس مواصفات الطائرة السابقة لها لكن وزنها اخف بمرة أو أكثر من سالفتها بفضل استخدام التراكيب النانوية في اجزاء من الطائرة, ما الذي يعنيه ذلك؟ وكيف سيؤثر هذا الشيء على الحياة والإنسان والبيئة والاقتصاد والسياسة وغير ذلك؟

هذا يعني أن إحدى الشركتين سوف تصنع طائرات بكلفة اقل وتبيعها بسعر اقل وهذا يعني ايضاً أن الدول المستخدمة لهذه الطائرات تستفيد من ذلك بقلة سعرها وقلة استهلاك الطائرة للوقود كثيراً بسبب الوزن الأخف، وسعر تذكرة السفر سينخفض وقلة الغازات المنبعثة من الطائرة مما يقلل من تلوث البيئة وقلة الضرر الذي يحصل في طبقة الأوزون الذي تطير بمستواه طائرات الركاب وقلة الضوضاء بسبب قلة الوزن. من ناحية أخرى، سوف تضطر الشركة الأخرى إلى إعلان إفلاسها أو تقليل سعر منتجاتها. ذلك القول يمكن أن ينطبق على صناعات أخرى مثل صناعة السفن والسيارات وحتى الأجهزة الصغيرة كالموبايل والكومبيوتر المحمول وما اصغر منهما كمعالجاتهما.

وإذا ما كثرت المواد المصنعة بتقنية النانو وأدى ذلك فعلاً إلى انخفاض الأسعار سيكون لذلك مردود آخر علاوة على

ما ذكر هو ارتفاع القدرة الشرائية للفرد وانخفاض نسبة الفقر، وإذا صدقت توقعات الباحثين حول الطب النانوي فستنخفض نسبة المرضى إضافةً إلى ما يمكن أن تقدمه تقنية النانو إذا ما صدقت التوقعات ايضاً من توفير المياه الصحية للجميع ... الخ.

من وجه آخر، إن الإقدام المتزايد على استخدام تقنية النانو سيؤدي إلى كثرة المنتجات النانوية ومخلفات الصناعة النانوية وكثرة العاملين والمتعاملين معها كذلك. أي ربما سيكون ذلك بداية لعصر مليء بالمشاكل الصحية والبيئية، وخصوصاً أن بعض الأبحاث الحديثة حول التأثيرات الصحية والبيئية لتقنية النانو تشير بشكل واضح إلى تأثر كلاً منهما (الصحة والبيئة) بالتقنية والجسيمات النانوية سلباً.

وهكذا فإن كافة مظاهر الحياة يمكن أن تتأثر بشكل مباشر أو غير مباشر، سلباً أو إيجاباً بتقنية النانو.

الفصل الرابع:

طرائق تحضير التراكيب النانوية وفحصها

هناك أسلوبان مختلفان ومتعاكسان لتحضير مختلف التراكيب والجسيمات النانوية، ويندرج تحت كل من هذين الأسلوبين أقسام أخرى. ومن الجدير بالذكر أن الأنواع المختلفة من التراكيب النانوية يمكن تحضيرها من مواد مختلفة فلزية أو شبه موصلة أو عضوية أو لا عضوية. إن لكل أسلوب من هذين الأسلوبين محاسنه ومساوؤه. بالرغم من وجود صفات وخواص معينة للمادة عند الحجم النانوي، إلا أن اختلاف أساليب وطرائق التصنيع يمكن أن تؤدي إلى ظهور صفات فيزيائية وميكانيكية وكيميائية مختلفة. كما أن التراكيب النانوية يتم فحصها بأجهزة معينة تمتاز بالدقة والكفاءة العاليتين لتحاكي الحجم الصغير للتراكيب النانوية.

أسلوب أعلى ـــ أسفل:

في هذا الأسلوب تُستخدم مادة كبيرة الحجم ومن ثم تخضع لإحدى التقنيات لغرض تصغيرها وصولاً إلى الحجم

النانوي. ويؤخذ على هذه الأسلوب أن التراكيب النانوية المحضرة تكون غير متجانسة أو منتظمة بصورة عامة. كما أن التراكيب النانوية المحضرة بهذا الأسلوب يمكن أن تحتوي على شوائب وعيوب بلورية في هيئاتها وسطوحها كما في الأسلاك النانوية، كما يمكن أن تحصل هنالك عيوب أخرى خلال عملية التصنيع ذاتها، وهذه العيوب يمكن أن تؤثر على الخواص الفيزيائية والميكانيكية والكيميائية للتركيب النانوي(14)، ولكن الطرق المنطوية تحت هذا الأسلوب بصورة عامة تمتاز برخص ثمنها ومنها ما يمكن إجرائه بدون استخدام الغرف النظيفة، والتراكيب النانوية ما زالت تحضر بهذا الأسلوب وتطبيقاتها واسعة ومتعددة.

هنالك عدة طرق يمكن استخدامها لغرض الحصول على التراكيب والجسيمات النانوية باستخدام هذا الأسلوب، مثل طريقة القشط الكهربائية-الكيميائية، في هذه الطريقة يمكن الحصول على تراكيب نانوية لمواد مختلفة، وذلك باستخدام محاليل كيميائية وحوامض معينة توضع في وعاء يقاوم الحوامض مثل التفلون، ثم توضع الشريحة المطلوب تحويلها إلى مركب نانوي داخل الوعاء بطريقة معينة، بعد ذلك يُسلط تيار كهربائي مناسب لفترة زمنية محددة بحيث يوصل القطب الموجب للتيار بالشريحة والقطب السالب يوصل بسلك بلاتين (لان البلاتين يقاوم الحوامض) ويوضع داخل الوعاء المحتوي على المحاليل الكيميائية(7). ففي هذه الطريقة يتم تحضير تراكيب نانوية وذلك بإزالة بعض الجزيئات من الشريحة فيما تبقى جزيئات أخرى مكانها، فيتكون تركيب نانوي يشبه الاسفنج، وأشهر التراكيب التي يمكن تحضيرها بهذه الطريقة

هو السليكون النانوي أو ما يسمى ايضاً بالسليكون الأسفنجي، والذي تطبيقاته تعد من أهم تطبيقات التراكيب النانوية، حيث يستخدم في صنع المتحسسات النانوية والخلايا الشمسية وغيرهما.

أما الجسيمات النانوية التي تحضر بهذا الأسلوب فيمكن الحصول عليها بعدة طرق مثل طريقة الطحن، ففي هذه الطريقة يُستخدم وعاء اسطواني الشكل مثبت عند قاعدته على ماطور كهربائي له القدرة على الدوران بسرعة عالية، ثم توضع المادة المراد طحنها وتحويلها إلى أحجام نانوية داخل الوعاء مع كرات من مادة عالية الصلابة كالفولاذ لتساعد على طحن المادة المطلوبة أثناء الدوران، فعند دوران الماطور ستصطدم الكرات الفولاذية بالمادة المطلوب طحنها وتسحقها وبعد فترة زمنية طويلة نسبياً وتقدر بالساعات (يعتمد ذلك على طبيعة المادة التي يُراد طحنها والماطور وسرعته والأدوات الأخرى المستخدمة في الطحن) يمكن طحن وسحق المادة إلى أبعاد اقل من 100 نانوميتر، بعد ذلك يتم تجميع المادة وبعد عدة مراحل يمكن الحصول على جسيمات منتظمة ومتجانسة الشكل، مثل جسيمات الذهب أو جسيمات الفضة النانوية وغيرهما[16،2].

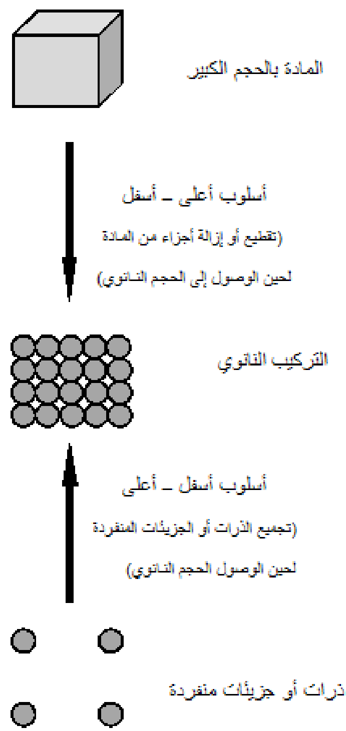
وهنالك طرائق أخرى لتحضير عينات نانوية ضمن هذا الأسلوب باستخدام الليزر والبلازما مثلاً.

أسلوب أسفل ـــــ أعلى

في هذا الأسلوب يتم تجميع ذرات المادة ذرة تلو أخرى أو جزيئة تلو أخرى لحين الوصول إلى الحجم النانوي المطلوب فالتركيب النانوي. أي البدء بما هو اصغر من النانو إلى حين الوصول إلى الحجم الأكبر الذي يمثل الحجم النانوي في هذه الحالة. وطرائق هذا الأسلوب بصورة عامة غير جديدة، فقد أُستخدم بعضها منذ مئة عام، مثل صناعة الأغشية الرقيقة وتركيب الأملاح ومركبات النتروجين[14]. وتمتاز التراكيب النانوية المحضرة بهذا الأسلوب بكونها تحتوي على عيوب بلورية اقل وأكثر تجانساً من الناحية الكيميائية من الأسلوب السابق، لكن يمكن أن يؤدي إلى إجهاد داخلي في التركيب النانوي إضافةً إلى بعض العيوب بالسطح فضلاً عن التلوث إذ أن بعض طرائق هذا الأسلوب سامة[14]، وتحضير التراكيب والجسيات النانوية بهذا الأسلوب أغلى تكلفة من الأسلوب السابق بصورة عامة.

الطرائق المنتمية لهذا الأسلوب تدعى بطرائق الإنماء البلوري، والإنماء البلوري هي عملية يمكن تمثيلها بإعادة بناء الهيكل الداخلي للمادة وذلك بإنماء ذرة تلو أخرى أو جزيئة تلو أخرى بشكل منتظم ويعيد نفسه بشكل دوري، وتتم عملية الإنماء في وسط مفرغ من الهواء وتعتمد جودة البلورة المنماة بدرجة كبيرة على درجة التفريغ. واهم طرق الإنماء هي: طريقة الإنماء بالحزمة الجزيئية (MBE)، طرق إنماء الطور البخاري الفيزيائيه (PVD) وطرق إنماء الطور البخاري الكيميائية (CVD). وبواسطتهم يمكن الحصول على أغشية

رقيقة (اغلبها من مواد شبه موصلة) ذات سمك بالنانوميتر، كما يمكن الحصول منهم كذلك على أسلاك نانوية متنوعة من خلال تغيير شروط الإنماء. إن هذين الأسلوبين يمكن النظر إليهما كحالتين متعاكستين لصناعة المركبات النانوية، وذلك ما يمكن توضيحه بالشكل 7.



شكل 7: أسلوبا تحضير التراكيب النانوية يمكن النظر إليهما كحالتين متعاكستين.

أجهزة فحص وتوصيف التراكيب النانوية

هناك أجهزة متنوعة لفحص وتوصيف التراكيب النانوية على اختلاف أنواعها وهئاتها، وهذه النوعية من الأجهزة تكون ذات دقة وكفاءة عاليتين وتحتاج إلى كادر متمرس على استخدامها وتكون هذه الأجهزة عادة مرتبطة بحواسيب وتُدار ببرامج خاصة، إضافةً إلى كونها باهظة الثمن. وتستطيع هذه الأجهزة أن تعطي معلومات واسعة عن التراكيب النانوية (تسمى عينة عند وضعها تحت الفحص في جهاز معين) من حيث الهيئة والتركيب الداخلي والالكتروني وغيرهم، والعينات بالعادة تكون على هيئة صلب كشريحة أو باودر أو بالحالة السائلة، كما إن بعض الأجهزة تحتاج إلى تحضير العينة بشكل معين لغرض فحصها والبعض الآخر لا يحتاج إلى مثل هذا التحضير، واهم هذه الأجهزة هي:

1. ميكروسكوب القوة الذرية (AFM): وهو مجهر يعطي معلومات دقيقة عن سطح العينة على المستوى الذري، حيث يستخدم مجسات تطلق ضوء ليزر فينعكس بشدات مختلفة من السطح فيسجلها الكشاف على شكل يمثل تضاريس السطح.

2. المجهر الالكتروني الماسح (SEM): مجهر الكتروني يقوم بتصوير سطح العينة عن طريق حزمة الكترونية يتم تركيزها على السطح المدروس، فتتفاعل مع الكترونات العينة والشعاع المتشتت منها يمكن تمثيله على شكل صورة للعينة، تصل قوة تكبيره إلى نصف مليون مرة، ومنها نعرف درجة جودة العينة.

3. المجهر الالكتروني النافذ (TEM): كما في المجهر الالكتروني الماسح، يستخدم هذا المجهر ايضاً حزمة الكترونية لفحص العينات. يمتاز هذا المجهر بقدرته على النفاذ إلى داخل العينة وبقوة تكبير قد تصل إلى مليون مرة وبالتالي فحص البنية الداخلية للعينة وكيفية ترتيب الذرات فيها وقياس أبعاد المواد والجسيمات النانوية ويستخدم كذلك في تعيين بعض الخواص الفيزيائية للعينة مثل: نقطة الانصهار، الصلابة، الاجهادات الداخلية، الموصلية الكهربائية والنشاط الكيميائي.

4. المجهر الماسح النفقي (STM): مجهر الكتروني يستخدم حزمة من الالكترونات عالية الطاقة لدراسة التركيب الدقيق للعينات عن طريقة نفاذية الأشعة لالكترونية للعينة المفحوصة، وهذا الجهاز يسمح في التحكم بتحريك الذرات وتكوين تراكيب جديدة وذلك بوساطة ابر دقيقة يتضمنها هذا المجهر تستطيع استشعار الذرات، وتصل قوة تكبيره إلى مئة مليون مرة.

5. حيود وتحليل الأشعة السينية (XRD): جهاز يعتمد على الأشعة السينية لتحديد العناصر الموجودة بالمادة وتحديد التراكيب الدقيقة لذرات وجزيئات البلورات مثل قياس المسافات بين الذرات، كيفية ترتيب الذرات والعيوب البلورية.

6. مطياف التألق الضوئي (PL): وهو مطياف يُستخدم لمعرفة التراكيب الالكترونية للعينة المفحوصة. كما يمكن بواسطة هذا الجهاز معرفة درجة نقاوة العينة ونسبة الشوائب والعيوب البلورية كذلك.

7. مطياف رامان: يعطي ما يسمى بطيف رامان، وبتحليله يمكن الحصول على معلومات حول التركيب الكيميائي الجزيئي للعينة على أساس الطول الموجي وشدة الضوء المار من خلال العينة وبالتالي تحديد هوية العنصر (الكيميائية) من خلال الانتقالات الاهتزازية وانماطها.

8. تأثير هول: يعتمد مبدأ عمله على توليد ما يسمى بفرق جهد هول بين الأقطاب المتعاكسة في المواد ومن ثم قياس عدد من الكميات الفيزيائية للعينات مثل المقاومية والتوصيلية وتركيز الحاملات.

الفصل الخامس:

أنواع التراكيب النانوية وخواصها

إن التراكيب والجسيمات النانوية ليست مواداً جديدة بما تعنيه الكلمة، بل هي مواد اعتيادية قدأُعيدَ ترتيب ذراتها بأحد طرائق تصنيع المواد النانوية المذكورة في الفصل السابق. وتُصنف التراكيب النانوية إلى ثلاث أصناف طبقاً لأبعادها (الطول والعرض والارتفاع)، لكل نوع من أنواع التراكيب النانوية صفات خاصة بها تميزها عن غيرها من التراكيب النانوية الأخرى فضلاً عن التراكيب الاعتيادية، كما توجد هنالك صفات عامة للتراكيب النانوية ككل.

أنواع التراكيب النانوية

التراكيب النانوية يقصد بها التراكيب التي تكون أبعادها أو أبعاد مكوناتها بمدى اقل من 100 نانوميتر، فقد يكون التركيب النانوي ككل أبعاده اكبر بكثير من 100 نانوميتر لكن مكوناته يجب أن تكون كل منها ببعد اقل من 100 نانوميتر، فمثلاً قد يكون التركيب النانوي عبارة عن حزمة أسلاك نانوية

وبعد هذه الحزمة ككل اكبر بكثير من 100 نانوميتر لكن بعد أي سلك منها يكون ضمن الأبعاد النانوية المتعارف عليها. يمكن تصنيف التراكيب النانوية إلى ثلاث أصناف كالآتي:

1. الرقائق أو الصفائح النانوية

أو المواد النانوية أحادية البعد، وهي المواد التي يكون احد أبعادها فقط في مدى النانوميتر، والبعدان الآخران في المقياس الاعتيادي. أي سمكها لا يتعدى 100 نانوميتر لكن طولها وعرضها أكثر من ذلك. يمكن صنع الرقائق النانوية باستخدام مواداً وعناصر مختلفة لكن أشهرها هي المواد شبة الموصلة، التي لها تطبيقات الكترونية كثيرة، وعند صناعتها بأبعاد نانوية سترتفع سماتها وكفاءاتها. ولهذا الصنف من المواد النانوية استخدامات واسعة مثلاً: تستخدم في طلاء المواد الفلزية لحمايتها من التآكل والصدأ, كما يصنع منها أغشية رقيقة السمك لغرض تغليف المواد الغذائية لحمايتها من التلوث[23], كما لها استخدامات كثرة في الصناعات الالكترونية والبصرية مثل صناعة الليزرات والثنائيات الضوئية والخلايا الشمسية الذين يعتمدون في مبدأ عملهم على الرقائق النانوية كمناطق فعالة والتي تمتاز بكفاءتها العالية وصغر حجمها وقلة استهلاكها للطاقة. ومن بين الصفائح النانوية الأكثر أهميةً الكرافين، الذي يلاقي في الوقت الحاضر اهتمام بحثي عالمي كبير, والكرافين عبارة عن صفيحة منفردة من الكربون سمكها ذرة واحدة بحيث

إذا تكدس عدد من الصفائح فوق بعضها البعض لحصلنا على الكرافيت (قلم الرصاص) كما موضح في الشكل 1-ب. والشكل 8 يمثل صفيحة من الكرافين مأخوذة باستخدام المجهر الالكتروني الماسح (SEM).

2. الأسلاك النانوية

أو التراكيب النانوية ثنائية البعد، وهي تلك المواد التي يكون بعدين من أبعادها كلاً منهما بمقياس اقل من 100 نانوميتر. أي أن كلاً من طولها وعرضها يكونان بمقياس اقل من 100 نانوميتر. والمواد النانوية ببعدين متعددة الأشكال والأصناف منها الأعمدة والانانبيب والألياف النانوية، أشهرها أنابيب الكربون النانوية التي تمتاز بقلة وزنها ومتانتها ومرونتها العاليتين. فهذه الأنابيب اخف من الحديد بست مرات وبنفس الوقت أقوى منه واصلب ب 100 مرة![2] ومرونتها عالية بحيث تستطيع العودة إلى وضعها الطبيعي بعد إزالة الإجهاد عنها، ولها توصيلية حرارية وكهربائية تفوق ما لأفضل المواد توصيليةً للكهرباء والحرارة مثل الألمنيوم والنحاس بمئات المرات. كما تمتاز أنابيب الكربون النانوية بكونها مستقرة جداً كيميائياً وحرارياً. أنابيب الكربون النانوية قد تكون أحادية الطبقة وقد يصل نصف قطرها من الصغر إلى 0,5 نانوميتر أو متعددة الطبقات على شكل اسطوانات مجوفة متحدة المركز وقد يصل قطرها إلى 20 نانوميتر، كما قد تصل أطوال أنابيب الكربون النانوية إلى عدة مليمترات، وكل صنف منها قد تكون

نهايته مغلقة أو مفتوحة، كما أن لأنابيب الكربون النانوية عدة أشكال، فقد تكون مستقيمة (شكل 1-ج الى اليسار)، لولبية، مخروطية أوبأشكال أخرى.

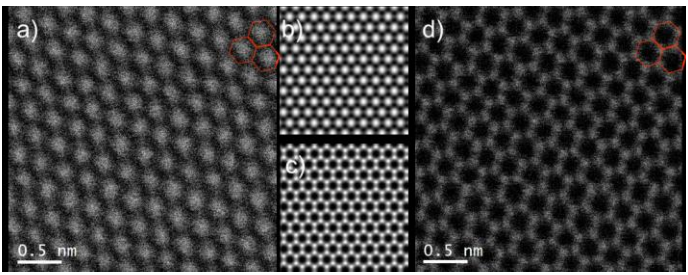
يستفاد من الأسلاك النانوية في صناعة المتحسسات على اختلاف أنواعها، مثل متحسسات الغازات ومتحسسات الفيروسات والبكتيريا، كما يستفاد منها في صناعة شاشات العرض المسطحة وفي آلية توصيل الأدوية داخل الجسم وغيرها. وشكل 9 يمثل اسلاك جرمانيوم نانوية مأخوذة باستخدام المجهر الالكتروني الماسح (SEM).

3. الجسيمات والنقط النانوية

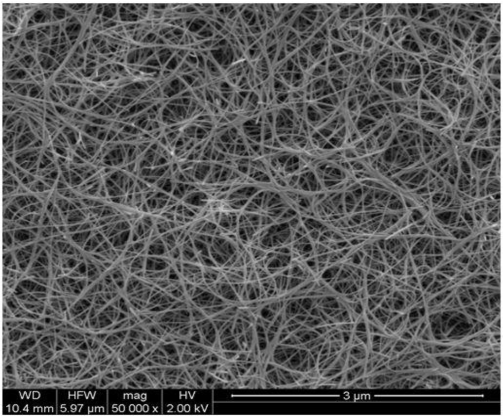
وهي الجسيمات النانوية ثلاثية الأبعاد، أي يكون كلاً من الطول والعرض والارتفاع لها بمدى النانوميتر. ومن أمثلتها مساحيق وحبيبات الفضة والذهب واكاسيد بعض المعادن كالحديد والتيتانيوم والفوليرينات، والأخيرة هي عبارة عن تركيب نانوي للكربون يحتوي على 60 ذرة كربون تكون على شكل شبيه بكرة القدم ومجوفة وتحتوي على 12 شكلاً خماسياً و20 شكلاً سداسياً (الشكل 1-ج، الشكل الذي يشبه الكرة)، وهذا التركيب له صيغ أخرى عديدة وهو الآن يصنع بكميات تجارية كبيرة، وهناك الآن ما يسمى بكيمياء الفوليرين لأهمية هذا التركيب النانوي الكربوني الأصل، كما لوحِظَ أن الفوليرين يمكن أن يأخذ شكلاً مخروطياً أو أنبوبياً أو كروياً[24]. والنقط النانوية والتي تسمى بالنقط الكمية ايضاً هي نوع من الجسيمات

النانوية في ثلاث أبعاد والتي تكون عادةً تراكيب من مواد شبه موصلة تتراوح أقطارها بين 2 و10 نانوميتر، وهنالك من الجسيمات النانوية ما يكون مجوف وما يكون على شكل كرات مثل قشر البصل.

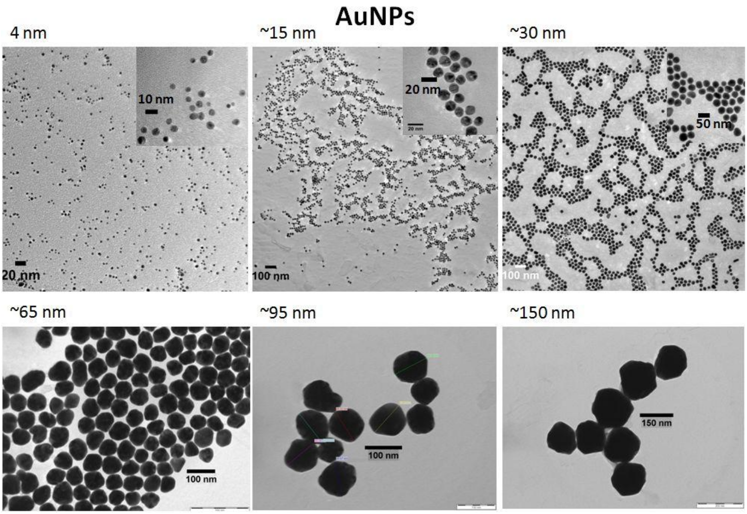
إن هذا الصنف من التراكيب النانوية متعدد وواسع الانتشار والاستخدام. لذلك فهو أكثر أصناف المواد النانوية انتاجاً ووفرةً واستخداماً. فتستخدم مثلاً في صناعات مواد البناء والبويا والطلاء، كما تدخل بعض انواع الجسيمات النانوية مثل الفضة في صناعة الملابس لقتل البكتيريا، وفي الصناعات الالكترونية والطاقة للمساعدة في صنع خلايا كهربائية تستهلك اقل قدرة كهربائية، وفي الصناعات الدوائية والطب، في مكافحة السرطان خصوصاً[25]، كما استخدمت هذه الجسيمات ايضاً في تحديد سلاسل الحامض النووي لبعض أنواع الفيروسات التي تغزو الجسم البشري[26]، كما تدخل في صنع مساحيق التجميل والصابون والشامبو وفي كثير من الصناعات الاخرى. والشكل 10 يمثل مجموعات مختلفة الاحجام من جسيمات الذهب النانوي مأخوذة باستخدام المجهر الالكتروني الماسح (SEM).



شكل8: صفيحة نانوية (كرافين)[27].



شكل 9: أسلاك الجرمانيوم النانوية[28].



شكل 10: جسيمات الذهب النانوية بأحجام مختلفة[28].

الصفات العامة للتراكيب النانوية

لكل صنف من أصناف التراكيب النانوية صفات خاصة به وذلك حسب ماذكر انفاً، مع ذلك هناك صفات عامة تشترك بها التراكيب النانوية ككل، واهم صفة من الصفات العامة هي المساحة السطحية الكبيرة حيث أن عدد ذرات المواد النانوية في السطح اكبر من مثيلاتها ذوات الحجم الأكبر، وهذا يكسبها خواصاً فريدة عن غيرها من المواد والتراكيب، كما أن طرائق تصنيع التراكيب النانوية والعيوب والشوائب في بنيتها لها تأثير كبير على خواصها، وخواص التراكيب النانوية العامة هي:

1. الخواص الكيميائية:

تمتلك المواد والجسيمات النانوية نشاطاً كيميائياً كبيراً بسبب مساحتها السطحية الكبيرة ووفرة الالكترونات السطحية، لذا فان بعض المواد الاعتيادية الخاملة مثل الذهب إذا ما تحول إلى جسيمات نانوية فإنها تبدي نشاطاً كبيراً وبذلك أمكن استخدامها في القضاء على الخلايا السرطانية مثلاً. بسبب هذا النشاط الكيميائي الكبير لها فان بعض المواد تتحول إلى مواد سامة عند تصغريها إلى الحجم النانوي.

2. الخواص الفيزيائية

تمتاز التراكيب النانوية بصفات فيزيائية مختلفة عن تلك الموجودة لمثيلاتها ذوات الحجم الأكبر، مثل الصفات الضوئية كالتشتت والانكسار الضوئي, حيث أن المواد النانوية تصبح شفافة إذا كانت اصلاً معتمة وكذلك يمكن أن تعكس الجسيمات

النانوية أطوالاً موجية مختلفة اعتماداً على حجمها، كما إنه كلما صغرت أحجام التراكيب النانوية زادت مغناطيسيتها كما تمتاز كذلك بالقدرة الفائقة على التوصيل الكهربائي لوفرة الالكترونات في سطحها، كما إن بعض المواد العازلة تصبح موصلة إذا ما صنع منها تراكيب نانوية، وبالعكس فان بعض المواد الموصلة يمكن أن تصبح عازلة إذا ما صُغِرت إلى الحجم النانوي.

3. الخواص الميكانيكية:

تُبدي التراكيب النانوية صفات ميكانيكية لا تكاد تُصدق. فقد أمكن الحصول على تراكيب نانوية اصلب من الحديد بمئة مرة وبنفس الوقت اخف منه بست مرات، ليس هذا فحسب بل امتلاكها مرونة عالية وما هذه التراكيب إلا أنابيب الكربون النانوية الشهيرة. ليست فقط انابيب الكربون عند الحجم النانوي لها هذه الخواص، فان المواد المعدنية بصورة عامة عندما تصغر الى حجم 10 نانوميتر تزداد صلابتها سبع مرات عن تلك التي بالحجم الاعتيادي[29]. كما أن الجسيمات النانوية تمتاز بقلة درجة انصهارها، حيث تصل درجة انصهار الجسيمات النانوية إلى نصف أو حتى اقل من نصف ما عليه تلك المادة بالحجم الاعتيادي[2]. اضافةً إلى ذلك، تمتاز التراكيب النانوية بمقاومتها للظروف الجوية والتآكل (الصدأ).

الفصل السادس:

مخاطر وتحديات تقنية النانو

إن تقنية النانو هي تقنية جديدة نوعاً ما، وكما هو الحال مع كل تقنية وليدة هناك دائماً مخاوف مرافقة لها, فلكل شيء ضريبة. تنقسم مخاطر تقنية النانو بصورة رئيسية إلى مخاطر صحية ومخاطر بيئية اضافةً إلى التأثيرات الاجتماعية. كما أن هناك تحديات كبيرة ترافق هذه التقنية، فبسبب صغر الجسيمات والتراكيب النانوية فان تكاملها وتضمينها في الدوائر الالكترونية صعب جداً، اضافةً إلى تحديات أخرى. فمثلاً، من الممكن إذا ما انتشرت تقنية النانو كثيرا أن يفقد بعض الأشخاص وظائفهم وعلى المعامل والشركات ان تغير نمط أعمالهم أو مجابهة الإفلاس.

مخاطر تقنية النانو الصحية

الجسم البشري يمتلك عدة وسائل دفاعية ضد الجسيمات الغريبة، لكن هذه الوسائل أو بعضها قد لا يكون فعالاً ضد الجسيمات النانوية أو بعضها. عدة دراسات قد أجريت على

حيوانات مختلفة بالإضافة إلى الإنسان لمعرفة حقيقة التأثيرات الصحية والسمية لمختلف أنواع الجسيمات النانوية وكيفية توزيعها وتشكيلها داخل جسم الكائن الحي. وقد وجد أن السمية الناتجة عن الجسيمات النانوية لا تعتمد على حجم تلك الجسيمات فحسب, وإنما تعتمد على عوامل عديدة أخرى، وهي: عدد الجسيمات النانوية، طبيعة تركيبها، ميلها إلى التجمع، طبيعة سطحها التفاعلية، تركيبها الكيميائي وقابلية الجسيمات النانوية على الذوبان[30]. وهذه العوامل تزيد من صعوبة تحديد التأثيرات السمية ودرجة الخطورة على مختلف أعضاء الجسم البشري. ومن المتوقع أن لكل نوع من أنواع الجسيمات النانوية السمية الخاصة بها، بل ربما لكل طريقة من طرائق تحضير الجسيمات النانوية هناك خطورة تسمم كامنة.

عقدت وتعقد منظمة الصحة العالمية ومنظمات المجتمع المدني وكذلك الدول المهتمة بتقنية النانو مؤتمرات لبحث المخاطر الكامنة وراء تقنية النانو، فقد تكون هذه التقنية، وإنْ في بعض الجوانب، كالسم في العسل. فقد عقد في بروكسل عام 2008 م أول اجتماع عالمي بحث مخاطر وأضرار تقنية النانو وتأثيراتها الصحية المحتملة، وقد انبثق عن المؤتمر أن تقنية النانو هي سلاح ذو حدين، فرغم الايجابيات الكبيرة لهذه التقنية إلا انها تحمل وتكمن فيها مخاطر كبيرة على الإنسان وصحته، خصوصاً أن النانو علم جديد وان هذه المخاطر غير محددة أو ملاحظة واقعياً في الوقت الراهن. ومن هذه المخاطر هو أن جسيمات بقطر 300 نانومتر أو اصغر يمكن أن تخترق جسم الإنسان بسهولة والتوغل إلى داخل الخلايا، وان جسيمات بقطر 70 نانومتر أو اصغر تستطيع الدخول إلى نواة الخلية بسهولة،

من هنا يمكن تصور الخطر الكامن على الجسم فقد يحدث تفاعل بين الجسيمات النانوية وخلايا جسم الإنسان مما قد يغير من خواصها أو تسميمها[31]. وبسبب صغر الجسيمات النانوية فان الكمامات وحتى الأقنعة الواقية على اختلاف أنواعها غير مفيدة للحماية منها، حيث تستطيع هذه الجسيمات اختراقها.

أظهرت البحوث التي أجريت على الفئران والحيوانات المختبرية أن جسيمات النانو بعد دخولها أجسامهم تميل إلى الهجرة والتمركز في الرئتين وان هذه الجسيمات تستطيع اختراق غشاء الدماغ الواقي، وتتجمع كذلك في خلايا الدم والأعصاب، وتستطيع الجسيمات النانوية كذلك التمركز في أعضاء أخرى[30].

بالنسبة للإنسان، يمكن للجسيمات النانوية النفاذ إلى داخل جسمه خلال الاستنشاق أو من خلال اختراقها لمسامات الجلد بكل سهولة ويسر، والجروح والندبات الجلدية تعد من أكثر الأماكن خطورة لنفاذ الجسيمات النانوية. وهذه الجسيمات النانوية لها القدرة على النفاذ إلى مجرى الدم مخترقة عدة حواجز رئوية بسبب صغر حجمها، وحالما تصل الجسيمات النانوية إلى الأوردة والشرايين فإنها سوف تجري مع الدم وتتوزع في مختلف أنحاء الجسم، حيث لها قابلية على الانتشار في أعضاء مختلفة من الجسم من دون أن يشعر الانسان بها.

تناولت اعداد كبير من البحوث الحديثة التأثيرات الصحية لجسيمات النانو على صحة الإنسان، وقد بينت إمكانية تجمع هذه الجسيمات في الرئتين، الدماغ، الكلى، القلب، خلايا

الدم، الجهاز العصبي المركزي، الكبد، الطحال، العظام وأعضاء أخرى، مما يشير بوضوح إلى السمية الكامنة التي تحملها هذه الجسيمات. كما وجد أن بعض أنواع الجسيمات النانوية لها تأثير محفز مما يعني أن لها القابلية على توليد الجذور الحرة والتي عادةً ما تولد الأورام السرطانية في الجسم[30]. كما قد تؤدي الجسيمات النانوية إلى حدوث الالتهابات مما يسبب ضعف مناعة الجسم ضد الجراثيم، وبسبب مساحتها السطحية الكبيرة بالنسبة إلى حجمها، فان التفاعل مع أنسجة الجسم يكون شديداً وبعض الأنسجة والسوائل قد تتكاثف على سطح المركبات والجسيمات النانوية مما قد يؤثر على آلية عمل بعض الأنزيمات والبروتينات.

فعلى سبيل المثال، يُعتقد أن لأنابيب الكربون النانوية تأثير مشابه لتأثير الاسبستوس (يتألف من ألياف يتم استخراجها من مناجم خاصة، وهي مواد غير عضوية تحتوي على العديد من المعادن الطبيعية) لما بينهما من شبه في الشكل والذي يؤدي بدوره إلى داء الاسبستوس (تليف الرئة) وجاء ذلك بسبب طول أنابيب الكربون النانوية وقلة سمكها فتتشابك بصورة يصعب التخلص منها وقد تؤدي إلى سرطان الرئة كما يفعله الاسبستوس[32]، حيث أُنتج حوالي 700 طن من ألياف الكربون النانوية في عام 2012 م مما يعني تعرض عدد كبير من العمال لهذه التراكيب النانوية. وقد لوحظ فعلياً حالات وفاة غامضة وتأثيرات صحية بالرئة خصوصاً لدى الاشخاص العاملين مع التراكيب النانوية ومن ضمنها أنابيب الكربون النانوية.

إن علم التسمم النانوي الذي انبثق حديثاً قد تناول السمية التي يمكن أن تنجم من تفاعل الجسيمات النانوية مع الجسم البشري، فالعنصر بالحجم الكبير قد لا يكون ساماً، لكن نفس ذلك العنصر عندما يُصغر إلى الحجم النانوي المتعارف عليه فان خواصه الفيزيائية والكيميائية تتغير وبذلك يمكن أن يصبح ساماً، واهم تلك الخواص التي لها علاقة وثيقة بالتسمم هي صغر الحجم وكبر المساحة السطحية للجسيمات النانوية. والتسمم بالجسيمات النانوية قد يحدث في الرئتين والقلب والكلى والجلد وأنواع مختلفة من الخلايا وأعضاء أخرى.

إن استخدام الجسيمات النانوية في الطب جذاب جداً وخصوصاً لعلاج الأمراض العضالة كالسرطان، لكن الجانب الصحي والتأثيرات السلبية وخطر التسمم الذي يمكن أن ينجم عن الجسيمات النانوية على العضو الذي يتم علاجه أو غيره من جسم المريض وعلى المتعاملين مع التقنية (الأطباء، الممرضين والفنيين) يجب أن يؤخذ بنظر الاعتبار. فمثلاً قد بينت عدة مجاميع بحثية مستقلة أن هناك صنفاً من المواد النانوية قد طُورت لغرض استخدامها في الطب والتي تُدعى مادة بامامس (PAMAMs) لها القابلية على قتل خلايا رئة الإنسان بالمختبر[33]. كما وجد أن هذه المادة ذات سمية عالية على رئة الفئران ايضاً.

إن علماء النانو الآن يؤكدون على ضرورة تنظيم التعامل مع الجسيمات النانوية واستخداماتها في إنتاج البضائع إلى حين فهم أفضل لتأثيراتها على الإنسان والبيئة. ومع ذلك فان المواد المصنعة بتقنية النانو أو المنتجات التي تتضمن مواداً

نانوية قد غمرت الأسواق من كريمات جلدية ومعاجين تنظيف الأسنان ومساحيق التجميل والكريمات الخاصة للوقاية من الأشعة فوق البنفسجية والتجاعيد إلى المنتجات الغذائية، وكل ذلك يمكن أن يؤدي إلى نفاذ هذه الجسيمات النانوية المتضمنة في هذه المنتجات إلى داخل جسم الإنسان وتمركزها في أعضاء مختلفة من الجسم، مما قد يؤدي إلى حدوث خلل وظيفي أو تسمم مع مرور الزمن.

ومن مخاطر تكنولوجيا النانو الصحية ايضاً هو تسربها إلى الصناعات الغذائية والإنتاج الزراعي، وعدم معرفة المستهلكين بذلك، وهنالك من العلماء من دعا إلى استبعاد المنتجات الغذائية والزراعية عن هذا التطور التكنولوجي. وقد اشارت منظمة الصحة العالمية الى ان تقنية النانو قد دخلت فعلاً في الصناعات الغذائية، وتؤكد على ضرورة تقدير الآثار الصحية والبيئية الناجمة عن استخدام المواد والجسيمات النانوية في الصناعات الغذائية وتقنية تغليفها قبل الموافقة على اعتمادها رسمياً[(34)]. كما تؤكد المنظمة كذلك على "ضرورة فهم فوائد ومخاطر تكنولوجيا النانو فهماً جيد أو مناقشتها بصراحة ووضوح بين كل اصحاب المصلحة، بمن فيهم دوائر الصناعة ومسؤولو التنظيم والمستهلكون"[(34)]. كانت غالبية نُظم اصدارات الموافقات على المضافات الغذائية في الماضي لاتأخذ في الحسبان على العموم الحجم الجسيمي للمادة المضافة، وبسبب نشاط الجسيمات النانوية الكيميائي المفرط، فان الوضع معها يجب ان يتغير، حيث أن هذه الجسيمات النانوية تتم معالجتها داخل الجسم بطرق غير الطرق التي يتم بها معالجة نظائرها ذوات الاحجام الأكبر والتي سبق الموافقة عليهم[(34)].

تأثيرات تقنية النانو على البيئة

كانت ومازالت البيئة براً وجواً وبحراً كبش الفداء للتقنيات المتوالية. فتدهور حالة البيئة بشكل متسارع قد لوحظ بشكل ملفت للنظر بالخمسين سنة الأخيرة المعروف عنها بالانجازات والفتوحات العلمية الكبيرة على مختلف الأصعدة. وها هي تقنية النانو تطل برأسها مقتحمةً كل شيء لا يصمد أمام تقدمها شيء، حاملة معها مشاكل بيئية جديدة.

إن مخلفات الصناعة غير المعالجة تحتوي على نسبة عالية من المواد الثقيلة السامة، مثل الرصاص والزئبق والزرنيخ ومركباتهم، وإذا ما انتشرت الصناعات النانوية أو المنتجات النانوية هي الأخرى سيكون لها مخلفاتها الخاصة بها حالها حال أي تقنية أخرى. بذلك يمكن للجسيمات النانوية أن تنتشر في المياه الثقيلة أو التربة أو بأشكال أخرى في البيئة. ولذلك يمكن أن تصل إلى الإنسان والحيوان والنبات.

وكما نشأ علم التسمم النانوي نتيجةً للتأثيرات السمية المتوقعة للمواد النانوية، فان مصطلح التلوث النانوي قد نشأ ايضاً، فالجسيمات الصغيرة جداً والنانوية معروفة بتلويثها الهواء قبل ظهور مصطلح تقنية النانو أصلاً، ذلك أن بعضاً من هذه الجسيمات الصغيرة يمكن أن تُنتَج طبيعياً بسبب البراكين والحرائق مثلاً. وبعضها يمكن أن يُنتَج من مصادر اصطناعية مثل المحركات والأفران. ومصطلح التلوث النانوي هو مصطلح عام شامل لكل النفايات الناجمة عن التقنية النانوية أو عن استخدام الأجهزة النانوية، أو من خلال تصنيع مواد وجسيمات

نانوية[35]. وتعد النفايات النانوية على درجة عالية من الخطورة، وذلك بسبب صغر حجمها وخفة وزنها، وبذلك تستطيع أن تطفو في الهواء كملوث له، وبالتالي تستطيع التوغل خلال الخلايا الحيوانية والنباتية بسهولة[35]. من ناحية أخرى، فان تطور أساليب الكشف عن الجسيمات النانوية يعد تحدياً فنياً كبيراً. والأصعب من ذلك صناعة وسائل حماية شخصية كفوءة ضد الجسيمات النانوية.

إن جسيمات النانو الطليقة التي يمكن أن تتواجد في بعض مراحل الإنتاج أو الاستخدام تمثل حالة من اخطر حالات التعرض للجسيمات النانوية. وبسبب خفة وزن الجسيمات النانوية يمكنها الانتشار خلال الغلاف الجوي ولمسافات كبيرة قبل أن تستقر في التربة. وفي التربة، فان انتقال الجسيمات النانوية يعتمد على كلاً من خواص التربة وخواص الجسيمات النانوية نفسها. كما يمكن أن يحدث تلوث مماثل للماء بالجسيمات النانوية.

لتقييم المخاطر الصحية والبيئية للجسيمات النانوية بصورة دقيقة، لابد من متابعة دورة الحياة (أو بالأحرى البقاء) لتلك الجسيمات بما في ذلك خطوات تصنيعها وتخزينها وتوزيعها اضافةً إلى تطبيقاتها المتنوعة ومخاطرها وكيفية أو طرائق التخلص منها[35].

وهناك مخاوف من قبل جمعيات حماية البيئة من تقنية النانو وما يمكن أن تحمله معها من خطر كامن على البيئة بتلويثها بالمواد النانوية ومن ثم انتقال هذه المواد النانوية إلى

الكائنات الحية والنباتات وبالتالي التأثير في السلسلة الغذائية ككل. فمع الايجابيات الكبيرة للتقنية النانوية، فإنها تلقى معارضة أيضاً، وهذه المعارضات التي تنظمها عادةً منظمات المجتمع المدني هي في تزايد مستمر.

لحد الآن لا توجد هناك قوانين تنظم إنتاج المواد والجسيمات النانوية أو إنتاج السلع التي تتضمن جسيمات نانوية في تركيبها سواء أكانت غذائية أو صناعية أو غيرهما، كما لا توجد حدود أمان للتعرض للجسيمات النانوية كتلك الموجودة عند التعرض للإشعاع مثلاً.

وبالرغم من ذلك كله، فان منظمة السلام الأخضر قالت ما معناه "أننا لن ندع إلى حظر أبحاث النانو، وإننا واقفون على أبواب مرحلة جديدة مختلفة عن تلك التي في القرن الماضي، لكن علينا تقليل السلبيات"[36]، وهذا القول يتبناه معظم العلماء العاملين مع تقنية النانو اليوم.

الآثار الاجتماعية لتقنية النانو

تتمثل التأثيرات الاجتماعية لتقنية النانو في تلك الفوائد والتحديات المحتملة والناجمة عن استخدام الأجهزة والمواد النانوية على المجتمع والتفاعل البشري. وبالواقع فان لتأثيرات النانو آثاراً اجتماعية أعمق تمتد إلى إعادة صياغة مفهوم الاقتصاد وتحديد سوق العمل والحريات المدنية والتطبيقات العسكرية وعلاقتنا مع عالم الطبيعة بل تمتد إلى قضايا أخلاقية

ومبدئية، حيث يتوقع المهتمون والمراقبون لتقنية النانو وتأثيراتها الاجتماعية أن ذلك سيؤدي إلى زيادة الفجوة بين الفقراء والأغنياء بسبب زيادة عدم المساواة الاجتماعية والاقتصادية, وذلك من خلال انقسامٍ طبقي جديد متوقع ظهوره على الساحة وهو الانقسام النانوي (يتمثل في الفجوة بين هؤلاء الذين يتحكمون بتقنيات النانو الجديدة وهؤلاء ممن حلت المنتجات النانوية محل منتجاتهم وخدماتهم بالإضافة إلى قوة العمل كذلك)[37]. كما يقترح المحللون إمكانية أن تكون لتقانة النانو القدرة على نزع استقرار العلاقات الدولية من خلال سباق الأسلحة النانوية وزيادة الإمكانية للحصول على اسلحة من نوعية جديدة أو زيادة كفاءة الأسلحة الموجودة أصلاً وتصغير حجمها وسهولة حملها ونقلها إضافةً إلى احتمالية صنع أسلحة بيولوجية نانوية فتاكة مما تندرج ضمن أسلحة الدمار الشامل.

هناك جدل متواصل حول القضايا الاجتماعية والأخلاقية المرتبطة بتقنية النانو، وتدور حول ذلك عدة مؤتمرات دولية لتحديد دور تقنية النانو في الواقع الاجتماعي وما يمكن أن تحدثه تقنية النانو من خلل في النظم التعليمية والصحية وزيادة الهوة بين العالم المتقدم والنامي مما يحد من توفر فرص التعليم والرعاية الصحية المناسبة للدول النامية اضافةً إلى ما يمكن أن تحدثه هذه التقنية من تصادم مع اعتقادات وأعراف أخلاقية لا ترحب بتكنولوجيا النانو، لا نتوقع فقط أن بعض الدول النامية لا ترحب بتقنية النانو، فهناك اليوم جمعيات كثيرة في دول متقدمة لا ترحب بهذه التقنية أيضاً، ولا ترحب بأمور تكنولوجيا النانو، المتعلقة مثلاً بعلوم الحياة الاصطناعية وبناء الكائنات الحية الصناعية وتطوير أسلحة بيولوجية وأبحاث الخلايا الجذعية والتعديل الوراثي للإنسان إلى

ما يمكن أن تنتجه هذه التقنية من ذكاء اصطناعي خارق وبالتالي نعود إلى اللغز القديم الجديد وهو أنه إذا ما تم صنع حاسوب أو إنسان آلي ذي ذكاء اصطناعي خارق فانه من الممكن أن يتكاثر ذاتياً وبالتالي سنفقد السيطرة عليهم وبدورهم سوف يسيطرون على الأرض، وأسئلة وتصورات من هذا القبيل يكن أن نطرحها وتؤلم رؤوسنا في التفكير في السيناريوهات المحتملة وخصوصاً أن الذكاء الاصطناعي الخارق أصبح الآن متوقع وسهل المنال مع تقنية النانو بسبب صغر الحجم والكفاءة العالية والسرعة التي تقدمها هذه التقنية وهذه الأمور من المتطلبات الأساسية للذكاء الاصطناعي اضافةً إلى سعة التخزين الفائقة للشرائح النانوية.

من ناحية أخرى، يرى بعض المتحمسين لتقنية النانو على أنها آلية لتغيير الطبيعة البشرية. وقد توفر حلولاً جذرية لبعض مشاكل الدول النامية، مثل توفير المياه الصالحة للشرب والآمنة وتوفر فرص تعليمية ورعاية صحية افضل خصوصاً للدول الأفريقية التي تفتقر إلى المياه الصالحة للشرب والتي تفتك بها الأوبئة والأمراض، إضافةً إلى ما تحمله هذه التقنية من إمكانيات لتوفير مصادر الطاقة الرخيصة. وبالفعل قد أطلقت عدة دول نامية مشاريع استثمارية للنهوض بالتنمية والاقتصاد والبحث العلمي بالاعتماد على تقنية النانو مثل كوستاريكا وشيلي وبنجلاديش وتايلاند [37]. كما أن الدول الاقتصادية الناشئة حديثاً كالصين والبرازيل والهند وماليزيا تنفق مليارات الدولات الاميركية سنوياً على الأبحاث المتعلقة بالنانو[37].

تحديات في تقنية النانو

بالرغم من الايجابيات الكبيرة والصناعات النانوية المتزايدة، إلا ان هذه التقنية مازالت تجابه عدة تحديات، وهذه التحديات يمكن إجمالها بما يلي:

1. صعوبة تضمينها وتكاملها مع المنظومات العيانية (الكبيرة) والمايكروية، مما يحد من استخداماتها داخل الأنظمة الالكترونية والمعقدة منها خصوصاً. وبالتالي تحد من تفاعلها مع البشر بصورة مباشرة[14].
2. صعوبات فنية وتقنية في صناعة أجهزة أخرى (غير ما ذكر) لدراسة خواص الجسيمات والتراكيب النانوية بصورة أدق وأعمق، حيث ما زالت كثير من خواص هذه المواد غير معروفة أو غير مفهومة بشكل كامل لحد ألان. فالحجم الصغير لهذه التراكيب يجعل من الصعوبة البالغة صنع أجهزة قياس ملائمة من حيث دقة العمل وقلة الضوضاء (فأدنى ضوضاء أو تشويش يمكن أن يؤثر في التركيب كلما صغر حجمه) والحساسية الفائقة لدراسة الخواص الفيزيائية والكيميائية لهذه التراكيب.
3. بسبب المساحة السطحية الكبيرة للمركبات النانوية، فان جميع المركبات النانوية تمتلك طاقة سطحية كبيرة، ولذلك فهي غير مستقرة بصورة عامة، وبالتالي فان اكبر مشكلة تواجه المركبات فالصناعات النانوية هو التغلب على هذه الطاقة الهائلة[14].

4. مشاكل تقنية وفنية مختلفة تجابه صناعة التراكيب النانوية ذاتها، مثلاً بعض التراكيب تحتوي على عيوب أو شوائب أو تكون غير ناعمة وغير منتظمة الشكل الخارجي وربما الداخلي ايضاً بشكل جيد.
5. تحديات من نوع آخر غير التحديات التقنية والفنية، هو عدم معرفة التأثيرات الصحية والسمية لها بشكل كامل مما يحد من استخدامها خصوصاً في مجالات الأغذية والزراعة والأدوية.
6. من التحديات الأخرى، إيجاد طرق تحضير تراكيب نانوية عملية ورخيصة لبعض التراكيب, والتغلب على المخاطر الصحية والسمية المرافقة لبعض التقنيات.

الفصل السابع:

تطبيقات نانوية متنوعة

على الرغم من حداثة تقنية النانو نسبياً، إلا انه قد دخلت هذه التقنية في تطبيقات وصناعات مختلفة، الكترونية، طبية، بيئية، زراعية، عسكرية، صناعة الملابس، مواد التجميل والكثير غير ذلك، وبين الحين والآخر يتم الإعلان عن منتج جديد بتقنية النانو. والمنتجات النانوية على اختلاف أنواعها ومناشئها أصبحت متوفرة الان في الأسواق العالمية والمحلية وهي في تزايد مستمر.

سوق المنتجات النانوية

إن إنتاج سلعةٍ ما بنوعية أفضل وكلفة اقل هو الشغل الشاغل للشركات الكبرى ولرجال الصناعة الذين يواجهون تحديات كبيرة في سوق العمل المليء بالمنتجات المختلفة المناشىء والنوعيات، وتقنية النانو يمكن أن تكون المفتاح السحري لتحقيق النجاح والتنافس في السوق المحتدمة. المنتجات النانوية أو المنتجات الأخرى التي يكون النانو جزءاً منها

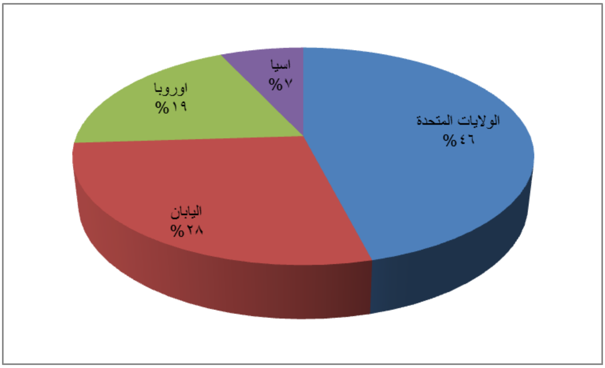
أصبحت متوفرة بكثرة في الأسواق وأضحى الأمر اعتيادياً. هناك ثمة اتفاق بين العلماء على أن العام 1990 هو البداية الحقيقية لعلم النانو، كما أن المنتجات النانوية بدأت تُنتج بشكل تجاري وتُضخ إلى الأسواق ابتداءاً من عام 2000م، ففي هذا العام بدأ الاستثمار بتقنية النانو فعلاً في الولايات المتحدة[38]. وبما أن تقنية النانو جديدة نسبياً، فمن الصعوبة تقدير حجم الاستثمارات المستقبلية وتأثيرها في السوق العالمية بصورة دقيقة. بالرغم من ذلك، فان حجم الاستثمارات في سوق النانو ستتجاوز الترليون دولار بحلول 2015 في الولايات المتحدة فقط والتي تمثل 46% من سوق المنتجات النانوية وستتجاوز بقية دول العالم هذا المقدار، والمخطط في الشكل 11 يمثل اسهامات دول مختلفة من العالم في سوق المنتجات النانوية لحد عام 2014[38]، ويرى عدد من المختصين والخبراء بالنانو أن سوق المنتجات النانوية سيقترب من 3 ترليون دولار اميركي في عام 2014 وهو مايعادل 17% من إنتاج العالم من السلع الضرورية للبشر في ذلك الوقت[36]. والمخطط في الشكل 12 يمثل نسبة إسهامات تقنية النانو بمنتجاتها المختلفة في السوق الحالية.

إن واحد من أهم أسباب الإقبال المتزايد على الصناعات النانوية هو توقع أن تؤدي التقنية النانوية إلى صنع منتجات ذات كفاءة اكبر وأخف وزناً وأقل تكلفةً، يقول مارك أوديتا، الباحث في قسم العلوم والمجتمع في جامعة لوزان السويسرية: "على مدى العقدين الماضيين، جرى ترويج تكنولوجيا النانو على أنها ثورة عِلمية قادرة على تحسين عمليات الإنتاج وتحقيق تقدّم وتطوّر في مجال تكنولوجيا الإلكترونيات والطِبّ والطاقة

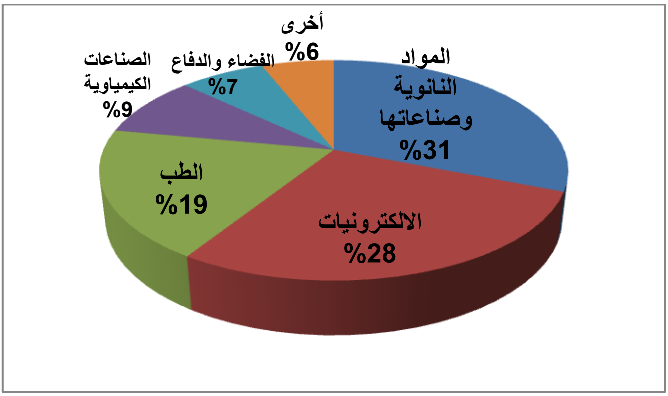
المتجدِّدة والزراعة، لدرجة أن من الباحثين مَن تحدّث عن إمكانية تصنيع مادّة هُلامية (جِل) قادِرة على إعادة نمُو الأسنان وإبطاء آثار الشيخوخة"[32]. والشركات تقبل بنهم على هذه التقنية الواعدة، فمثلاً في سويسرا وحدها هنالك أكثر من 500 شركة تستخدم تقنية النانو في مجال البحث والإنتاج[32]، فكم هو عدد المؤسسات في الولايات المتحدة واليابان اللذين هما أكثر من سويسرا استخداماً لهذه التقنية في البحث والإنتاج؟

المنتجات النانوية الآن قد دخلت في مختلف قطاعات الصناعة، مثل الأدوية والصيدلة والمواد والصناعات الكيميائية والصناعات الغذائية والتعليب والأصباغ والطلاء ومنتجات مواد البناء والتشييد حيث يمكن صناعة مواد مقاومة للتآكل والظروف الجوية الصعبة كما يمكن صناعة جدران تمنع التصاق الغبار بها مما يجعلها دائمة النظافة وبالتالي تقليل المجهود والكلفة اللازمين للتنظيف وهذا مفيد في البنايات العالية مثل ناطحات السحاب كما هي مفيدة في غرفة العمليات وادوات الجراحة. كما دخلت تقنية النانو في صناعة معاجين الأسنان والكريمات الواقية من الشمس وفي صناعة الملابس ذات الامتيازات الخاصة، مثل إزالة الروائح الكريهة أو عدم التصاق البكتيريا بها، وفي تنظيف الأسطح الشديدة القذارة ومعالجة المياه الآسنة والمواد السائلة الملوثة من المصانع وذلك بخلطها بالمواد النانوية بطريقة معينة لكي تتحول بعد سلسلة من التفاعلات الكيميائية إلى مواد غير ضارة. بل تعدت إلى خلط مواد نانوية بمواد غذائية لتحسين خواصها ومذاقها إلى صناعة هياكل ذات صلابة عالية لا تضاهى وبنفس الوقت مرونتها عالية إلى صناعة مواد لا تصدأ إلى ثلاجات مقاومة للروائح،

حتى في التجهيزات الرياضية دخلت تقنية النانو لصنع مضارب البيسبول والتنس والكولف وكرات التنس وعصا التزلج على الجليد وغيرهم، كما دخلت ايضاً في المجالات العسكرية والفضاء وغير ذلك كثير مما يصعب تحديده بصورة دقيقة بسبب حيوية هذه السوق المتجددة والمتزايدة.



الشكل 11 نسبة اسهامات دول مختلفة في سوق المنتجات النانوية[38].



الشكل12: نسبة إسهامات تقنية النانو في المنتجات النانوية المختلفة.

الصناعات الالكترونية النانوية

استخدام النانو في هذا المجال يعد من أهم استخداماته على الإطلاق وعليه تنفق المليارات وهو احد مقاييس تقدم الأمم مستقبلاً. إن استخدامات وتطبيقات النانو في عالم الالكترونيات المترامي الأطراف كثيرة وعديدة ومتشعبة.

يعد النانو من وجهة نظر الالكترونيات جيلاً من أجيالها. ويقصد بالجيل في عالم الالكترونيات بالمرحلة التي حدث فيها انقلاباً كبيراً في المفهوم وتصنيع الأجهزة الالكترونية من حيث تحسين المواصفات وتقليل التكلفة وتصغير المساحة وقلة الاستهلاك للطاقة، وهذه الأجيال هي:

الجيل الأول: وهي تلك المنتجات الالكترونية التي أساس عملها معتمد على الصمامات الالكترونية المفرغة التي اخترعها جون فلمنغ عام 1904م مثل التلفزيون والراديو. فقد كانت هذه الصمامات كبيرة الحجم وثقيلة الوزن وتستهلك كمية كبيرة من الطاقة، وبالتالي فان الحرارة المتولدة فيها كبيرة.

الجيل الثاني: وأساس العمل مع هذا الجيل هو الترانزستور الذي اخترعه مجموعة من العلماء الاميركان عام 1947م وهم باردينو والتربراتن وشوكلي. وقد حل الترانزستور محل الصمامات المفرغة لأنها أسرع اداءاً واصغر حجماً واقل تكلفةً وأكثر قوةً إذ لا تحتوي على الزجاج مثل الصمامات المفرغة، كما انها اقل استهلاكاً للطاقة وبالتالي قلة الحرارة المتولدة فيها.

الجيل الثالث: وأساس العمل مع أجهزة هذا الجيل هو الدوائر المتكاملة التي تم صنعها عام 1965م. والدائرة المتكاملة هي عبارة عن قطعة الكترونية صغيرة بمساحة صغيرة، مثلاً 1مم^2 من الدائرة المتكاملة تحتوي على العشرات من العناصر الالكترونية كالترانزستورات والمقاومات. وتمتاز الدوائر المتكاملة بانخفاض كلفة تصنيعها كثيراً عن تصنيع العناصر الالكترونية بصورة منفردة، وقلة استهلاكها للطاقة، وموثوقية ومتانة اكبر لعدم احتوائها على التوصيلات الكهربائية, وخفة وزنها بالطبع، لكن إذا تعطل جزء منها فلا يمكن إصلاحها ويجب تبديل الدائرة المتكاملة ككل.

الجيل الرابع: وأساس العمل مع هذا الجيل هو المعالجات الدقيقة التي أحدثت ثورة هائلة في الصناعات الالكترونية وقادت إلى صنع الرقائق الحاسوبية الدقيقة كالحواسيب الشخصية وصناعات الكترونية أخرى.

الجيل الخامس: والذي صار بما يعرف بجيل النانو، والذي أساس عمله هو الاعتماد على المفاهيم والإمكانات النانوية لصنع أجهزة نانوية، والذي أدى إلى قفزة نوعية كبيرة في علم الالكترونيات من تصغير الحجم وزيادة الكفاءة وقلة الاستهلاك للطاقة إلى زيادة سعة الخزن وغير ذلك.

قد تم صنع ترانزستور بإبعاد (طول وعرض وارتفاع) كل واحد منهم اقل من 50 ناوميتر، وكما هو معروف أن الترانزستور هو العمود الفقري للصناعات الالكترونية المتنوعة, فقد تم صنع أول ترانزستور باستخدام أنابيب الكربون

النانوية عام 1998م، وذلك بوساطة مجموعة من الباحثين من جامعة هولندي، والترانزستور المذكور له القدرة على العمل في درجة حرارة الغرفة[39]. ان هذا الابتكار فائق الاهمية في عالم الالكترونيات والحواسيب، حيث للحجم اعتباره وتصغيره يرتبط دائماً يتقليل التكلفة وزيادة الكفاءة والسرعة ايضاً بالاضافة طبعاً الى قلة استهلاك الطاقة، وقد أدى ذلك بالفعل إلى صنع معالج كمبيوتر نانوي، إن زيادة كثافة الترانزستورات في نفس الحجم يؤدي إلى تولد كمية حرارة اكبر، لكن بما أن التراكيب النانوية تحتاج إلى طاقة تشغيل اقل بالتالي ستكون الحرارة المتولدة اقل ايضاً، لذلك فإنه بالإمكان تلافي هذه المشكلة الكبيرة التي تقف في طريق تطور الصناعات الالكترونية النانوية.

تم صنع أجهزة الكترونية كثيرة بكميات كبيرة وتجارية، ليست بالحجم النانوي، لكن تدخل تقنية النانو في صناعتها وتركيبها إذ أن بعض أجزائها تكون بأبعاد نانوية، تمتاز هذه الأجهزة بكفاءتها العالية وصغر حجمها وقلة استهلاكها للطاقة وبالتالي قلة الحرارة التي تولدها كما يمكن تكاملها وتضمينها في الدوائر الالكترونية بسهولة، مثل بعض أنواع ليزرات أشباه الموصلات التي تستخدم الآن في الطابعات الليزرية فائقة السرعة وفي الكومبيوتر لقراءة الأقراص الفيديوية والكتابة عليها وفي تطبيقات صناعية وعلمية أخرى كثيرة جداً، والثنائي الباعث الضوئي شديد السطوع الذي يستخدم في العروض الضوئية وفي إشارات المرور وفي تطبيقات أخرى. كما تم صنع متحسسات للفيروسات وال DNA وأنواع مختلفة من متحسسات الغازات والملوثات، وقد تم استخدام جسيمات الفضة النانوية في مرشحات الهواء للتخلص من الروائح

الكريهة وقتل الجراثيم العالقة في الهواء، خصوصاً فيروسات الأنفلونزا. وغير ذلك من التطبيقات الالكترونية الكثيرة.

الطب النانوي

يعد طب النانو واحداً من أهم تطبيقات تقنية النانو، ان المفهوم الأساسي الذي تعتمد عليه تقنية النانو هو إعادة هيكلة وترتيب الذرات مما قد يؤدي إلى استخدامها كأدوية بزيادة فاعليتها المرتبطة بتصغير حجمها مما يسمح بالتفاعل بصورة أكبر مع الخلية الحية، حيث يساهم صغر حجمها في تخطيها للحواجز الحيوية مما يساعد في تحسين علاج الامراض بأن يتم ربط الدواء بهذه الجسيمات واستخدامها كحامل، مثلاً، الى المكان المطلوب علاجه[4]. حالياً، يتم التعويل على هذه التقنية لعلاج أمراض عضالة كالسرطان أو لإدخال مفاهيم ومبادئ طبية جديدة. هناك تسابق ومنافسة بين الدول المتقدمة والجامعات العريقة للمسك بزمام المبادرة في طب النانو. أما شركات الدواء العالمية فإنها في دوامة دائمة وصراع وتنافس مستمر لسبر أغوار هذه التقنية الطبية والصيدلانية، وخصوصاً أن التأثيرات الصحية والسمية لهذه التقنية بجسيماتها النانوية غير محسومة لحد الآن. وهذا الأمر يحتاج إلى تحالف أو تعاون ما بين علماء فيزياء وكيمياء النانو وعلماء التقنيات الحياتية والبيولوجيين والصيدلانيين والأطباء الاختصاصيين.

إن التشخيص المبكر للأمراض يجعل العلاج أكثر سهولة وكفاءة. في هذا الحقل من حقول الطب النانوي يتم الاستفادة من

تطبيقات تقنية النانو في مجال الالكترونيات وتحليل ومعالجة الإشارة بوساطة الحواسيب الملحقة. كما يمكن استخدام أنواع من الجسيمات والنقط النانوية المصنوعة من مواد شبه موصلة في التشخيص خصوصاً في تشخيص السرطان.

يمثل إيصال الدواء واحداً من الجوانب الفائقة الأهمية لتطبيقات النانو الطبية. وطب النانو يمكن أن يكون له شأن كبير في توصيل الأدوية بصنع جسيمات نانوية تعمل على تحسين التوافر الحيوي، أي العمل على تحسين توافر جزيئات الدواء في الخلايا المستهدفة من الجسم مما يؤدي إلى العمل بفاعلية والتقليل من استهلاك الدواء وبالتالي التقليل من الآثار الجانبية فالكلفة[4].

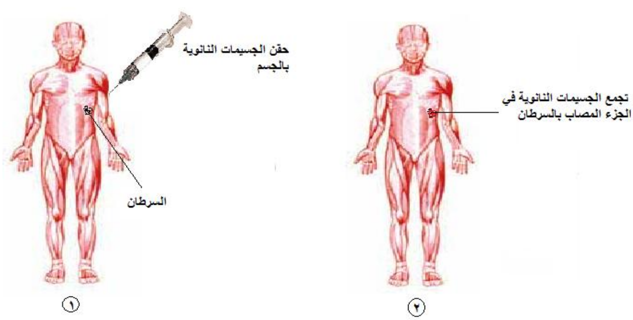
قد حدث تقدم في علاج السرطان باستخدام تقنية النانو. حيث أجريت تجارب على الحيوانات المختبرية، والطريقة ببساطة تتلخص بحقن جسيمات نانوية داخل جسم المريض، بحيث يكون لهذه الجسيمات النانوية المقدرة على التمركز والتجمع في الأورام السرطانية دون سواها، بعد ذلك بفترة زمنية معينة، محسوبة ومدروسة تعتمد على نوع العضو بشكل أساسي، يُسلط ضوء ذو طول موجي مناسب، يفضل أن يكون ليزر وذلك بسبب توازي أشعته وكثافته وصغر قطر حزمته، تعمل الجسيمات النانوية على امتصاص طاقة الضوء (أو الليزر) فتحولها إلى حرارة والتي بدورها تقضي على الخلايا السرطانية. ومن الجدير بالذكر، انه بذلك ستعمل الجسيمات النانوية حسب هذا السيناريو كوسط ناقل للطاقة من الضوء أو الليزر إلى الخلايا السرطانية. إن هذه الطريقة معروفة سابقاً في

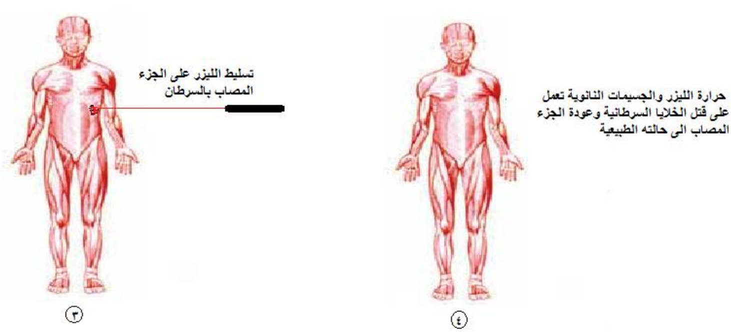
الطب في علاج الأورام والسرطان وتعرف بالعلاج الضوئي، حيث يحقن جسم المريض بمادة حساسة للضوء بدلاً من الجسيمات النانوية، فالجسيمات النانوية تعمل كعمل مادة حساسة للضوء تمتص الضوء وتنقل طاقته إلى الهدف. وقد نجح العالم مصطفى السيد في علاج سرطان الجلد للأرانب بهذا الأسلوب، فقد حقن الأرانب المصابة بسرطان الجلد بجسيمات نانو الذهب ثم انتظر إلى حين تجمع هذه الجسيمات في الخلايا السرطانية بعد ذلك قام بتسليط شعاع الليزر الأحمر على الهدف (الخلايا السرطانية) فقامت جسيمات الذهب النانوية بامتصاص طاقة الليزر وحولتها إلى حرارة ولأنها ملتصقة بالخلايا السرطانية فان الحرارة المتولدة انتقلت إلى الخلايا السرطانية فأتلفتها. إلا أن جسيمات الذهب قد تستغرق فترة طويلة نوعا ما حتى يتخلص منها الجسم، ولكن دون أن تترك أي تأثير ضار على وظائف الكبد والكلى[40].

ومن الجدير بالذكر، انه ليس جسيمات الذهب النانوية فقط يمكن أن تُستخدم لهذا الغرض، بل هنالك جسيمات نانوية أخرى يمكن أن تستخدم في العلاج الضوئي، من هذه الجسيمات حبيبات كبريتيد الكاديميوم النانوية، فهذه الجسيمات بطبيعتها سامة لكن تجرى عليها في البداية بعض العمليات لتحويلها لجسيمات غير سامة وطلاء سطحها الخارجي بجسيمات خاصة تقوم بإرشادها إلى مكان تواجد الخلايا السرطانية، ثم تحقن بالجسم وبعد أن تتجمع في الخلايا السرطانية تُسلط عليها الأشعة تحت الحمراء، فتمتص هذه الجسيمات طاقة الأشعة تحت الحمراء فتحولها إلى الخلايا السرطانية فتقتلها. هنالك أشعة ليزر تقع في مدى الأشعة تحت الحمراء، وربما يكون

استخدامها أفضل من استخدام الأشعة تحت الحمراء وذلك بسب طبيعة الليزر المذكورة أعلاه.

في الحقيقة أن من يقوم بالعلاج بهذه الطريقة هو الليزر أو الضوء وليس جسيمات الذهب النانوية بحد ذاتها أو غيرها من الجسيمات النانوية، حيث إن الجسيمات النانوية في هذه الحالة قامت بدور مهم في تحويل طاقة الليزر أو الضوء إلى حرارة بعد امتصاصها، فالأصل في العلاج الحرارة الآتية من طاقة الليزر أو الضوء وليس الجسيمات النانوية بطبيعتها، لكن الخواص البصرية والحرارية للمواد النانوية تلعب دوراً في احتواء الحرارة وعدم تشتتها، لذلك من الإنصاف أن تسمى هذه الطريقة في العلاج بالعلاج بجسيمات النانو والليزر. والشكل 13 يمثل خطوات علاج السرطان بالجسيمات النانوية والليزر.





شكل 13: خطوات علاج السرطان بالجسيمات النانوية والليزر.

تنقية الماء بتقنية النانو

تُعقد الآمال حالياً على معالجة المياه الثقيلة ومياه الصرف الصحي بوساطة استغلال الإمكانيات الكامنة في تقنية النانو، فمشكلة المياه في العالم على الوضع الراهن في تفاقم مستمر، ومشكلة تلوث الأنهار نتيجةً لاختلاطها بالملوثات الصناعية تزيد مشكلة المياه تفاقماً. تقنية النانو يمكن أن تقدم حلاً أو تساعد في هذا المجال الحيوي وذلك عن طريق ابتكار طرائق معالجة جديدة وغير تقليدية للمياه، هذا بالإضافة إلى تحلية الماء المالح باستخدام تقنية النانو، يقول عالم الفيزياء الأميركي روبرت رودنتسكي، رئيس فريق عمل مهتم بتقنية النانو، "كانت عمليات تنقية المياه وتحليتها تتم طوال عقود وفق نفس الطرق المستعملة اليوم، وما نشاهده هو أن تقنية النانو من المحتمل أن تقود إلى تحسينات في الطرق الموجودة وان تخلق

أساليب جديدة بالكامل"[41]. ووفقا لمنظمة الصحة العالمية التابعة للأمم المتحدة، فإن نقص المياه النظيفة والصرف الصحي يقتل سنويا 1,6 مليون طفل[42]. فهناك بالعالم اليوم أكثر من مليار إنسان لا يتوافر لهم إمكانية الحصول على مياه نظيفة، وهذا العدد مرشح للزيادة في السنين القليلة المقبلة. كما أن هناك في العالم 2,6 مليار انسان لاتتوفر لديهم وسائل الصرف الصحي[42].

من خلال هذه المقدمة البسيطة والمؤلمة لواقع الماء بالعالم اليوم, في إفريقيا خصوصاً، يمكن إدراك ما الذي يعنيه إيجاد وسائل بسيطة ورخيصة لتحويل المياه الغير الصالحة للشرب إلى مياه صالحة لذلك. وهذا يعكس أهمية تقنية النانو في هذا المجال والذي تعدته من تحلية المياه إلى تنظيف المياه المعقمة من الكلور مرة أخرى لإزالة آثار الكلور والبكتيريا والملوثات الأخرى إن وجدت.

أصبح بالإمكان وباستخدام تقنية النانو، بناء منظومة تنقية عالية الجودة بالإضافة إلى صغر حجمها مما يجعلها سهلة التضمين مع المنظومات الأخرى، وهذه الأنظمة النانوية لها المقدرة على معالجة الماء وإزالة مختلف أنواع الملوثات اضافةً إلى الفيروسات التي يصعب إزالتها بالطرق التقليدية.

قد تم فعلاً صنع ما يشبه اكياس الشاي محتوية على تراكيب نانوية تستطيع تنقية الماء العكر والغير صالح للشرب، حيث يمكن وضع الماء الغير صالح للشرب في وعاء ومن ثم وضع كيس التعقيم النانوي فيه وبعد فترة زمنية معينة يتحول

هذا الماء الى ماء نقي صالح للاستخدام البشري، وهذا الكيس قابل للتحليل، إن كيس مرشح المياه يعمل كمرشح وقاتل للبكتيريا في الوقت نفسه[42].

إن وجود الكلور كمادة معقمة في الماء واتحاده مع بعض الملوثات الموجودة في الماء ينتج ما يعرف بمواد الكلوروفورم وهي مواد مسرطنة بحد ذاتها، لكن نسبة الكلور في الماء المستخدم قليلة للغاية دون الحد الذي يجعل مثل هذه المخاطر النظرية واقعاً ملموساً، لكن قد يكون لها بعض الأضرار على الشعر والجلد اضافةً إلى التحسس الجلدي وخصوصاً إذا ما زادت نسبة الكلور عن النسبة المسموح بها. ولإزالة هذه الملوثات يُستخدم فلتر رشاش الحمام (الدوش) الذي هو جهاز صغير لترشيح وتنقية مياه الغسل والاستحمام وذلك بالاستفادة من التراكيب النانوية التي يتألف منها وهو مؤلف من ثلاث طبقات من أنابيب الكربون النانوية ونسيج من الفضة النانوية وزنك ونحاس في الوسط. حيث يدخل الماء المراد تنقيته من احد الأطراف فيخرج نقياً من الطرف الآخر. حيث تعمل انابيب الكربون النانوية كمرشح لازالة كافة انواع الملوثات وكذلك ازالة الروائح الكريهة، بينما تعمل تراكيب الفضة النانوية كمزيل وقاتل للبكتيريا والفيروسات والفطريات وذلك من خلال اضعاف انزيمات الجزيئات العضوية من امتصاص الاوكسجين وبالتالي تدمير الكائنات المسببة للامراض في مياه الاستحمام، اما الزنك والنحاس فيعملان على ازالة الكلور والمعادن الثقيلة والملوثات الميكروبيولوجية[43]. وهذا الفلتر مفيد للأشخاص الذين لديهم حساسية في الجلد من المياه الاعتيادية (عادة بسبب الكلور) وبذلك سيكون منعش للشعر

والجلد. وانه متوفر بالأسواق وباسعار زهيدة نسبياً (بمتوسط 8 دولارات اميركية) وله أشكال وأحجام مختلفة، كما تنتجه شركات مختلفة، ويمكن أن يركب في رأس الدوش بسهولة أو في رأس حنفية التغسيل شكل 14، كما يوجد نوع آخر من الفلاتر مشابه من حيث مبدأ العمل لهذا الفلتر يُستخدم لتنقية الماء لغرض الشرب، ويمكن ربطه مباشرة إلى الحنفية وحجمه ايضاً صغير بطول اقل من نصف متر.



شكل 14: فلتر تنقية ماء الاستحمام النانوي[44].

الفصل الثامن:

واقع تقنية النانو وآفاق المستقبل

بعد هذا الاستعراض السريع والمبسط لعالم وتقنية النانو المثير نستطيع مناقشة بعض الأمور الجوهرية والأساسية المتعلقة بواقع هذه التقنية واستخداماتها المتوقعة والمحتملة في المستقبل. فمما لا شك فيه هو أن تقنية النانو تقنية واعدة، وأننا على أبواب ثورة صناعية غير تقليدية. ويعتقد مجموعة من الباحثين ان تقنية النانو ستؤثر في حياة الانسان بصورة كبيرة في الخمسين سنة القادمة بحيث تفوق هذه التأثيرات جميع التغيرات التي حدثت في الخمسين سنة الماضية[45]. ذلك انه يعول كثيراً على هذه التقنية لحل كثير من مشاكل العالم العضالة والفتاكة والمتزايدة، فكأن تقنية النانو هي العصا السحرية التي تحول التراب ذهباً! ثم أن الأهداف التي يمكن تحقيقها بتقنية النانو يجب إعادة النظر فيها من جديد لتحديد تأثيراتها الصحية والبيئية. فمستقبل النانو مزهر ولكن محفوف بالمخاطر، الصحية والبيئية ومخاطر أخرى يصفها البعض بالأخلاقية والاجتماعية والسياسية والاقتصادية...الخ.

إن موضوع التأثيرات الصحية للنانو على جسم الإنسان يُعد من أكبر المخاطر والتحديات وهو غير محسوم بالمرة،

وتشير الدراسات الحديثة إلى إن جسيمات النانو يمكنها تخطي حاجز المناعة واختراق حاجز الدم للدماغ لتستقر فيه، فما هي الفائدة من علاج عضو إذا كانت جسيمات النانو سوف تتجمع في الدماغ والرئتين بصورة أساسية؟ هذا إذا ما تم التغلب على مشكلة وصول الجسيمات النانوية إلى الدماغ وتمركزها في الرئتين أو تقليل سميتها فإن الوضع مع العلاج النانوي سيكون أكثر رواجاً وقبولاً, وربما يتطلب الأمر بل يجب إيجاد مستويات أمان نانوية كتلك الموجودة عند التعامل مع أشعة الليزر أو الإشعاعات النووية لتحديد الجُرع النانوية الآمنة، وهنا تظهر مشكلة أخرى وهي كيفية صنع أجهزة قياس الجُرع النانوية إذ أن جسيمات النانو تخترق كثير من الأجسام، والتحدي الآخر هو صنع ملابس واقية من الجسيمات النانوية، الحرة منها خصوصاً. حيث ان اغلب العلماء والباحثين في تقنية النانو اليوم لا يمتلكون معدات وألبسة حماية ملائمة. هذا ومن المتوقع في المستقبل أن تُصنف الجسيمات النانوية على أنها جسيمات سامة بسبب نشاطها الكيميائي المفرط. ومن الطريف أن تخطي الجسيمات النانوية لحاجز الدم للدماغ يُعد من جهة أخرى صفة ايجابية، إذ يمكن استغلال هذه الحالة لصنع أدوية يمكنها الوصول إلى الدماغ لعلاج بعض أمراض الدماغ كالأورام!

والحال ليس ببعيد عن تأثيرات النانو في البيئة، فبيئتنا الحالية على ما هي علية من تدهور ليست بحاجة إلى ملوثات جديدة، كما أن أي تلوث يحصل في البيئة في نهاية المطاف سوف ينتقل إلى الإنسان ويستقر في معدته وجسمه. فالتلوث النانوي إذا ما كثرت الصناعات النانوية ولم يتم التصدي له بصورة جدية، فإنه سوف ينتقل إلى النباتات فإلى أجسامنا، هذا

فضلاً عن الصناعات الغذائية التي بدأت بعض الشركات تستخدم تقنية النانو فيها من دون معرفة الجوانب السلبية بشكل كامل يمكن أن تزيد من منافذ التقنية النانوية إلى جسم الإنسان، لذلك فان اليوم هنالك محاولات من قبل بعض العلماء المختصين بالنانو لإبعاد هذه التقنية عن الصناعات الغذائية والزراعية. وربما سنرى في المستقبل العبارة الآتية مكتوبة على المعلبات الغذائية: إن تقنية النانو لا تدخل في صناعتنا، أو أن منتجاتنا خالية من المواد أو الجسيمات النانوية. من جهة أخرى، فان تقنية النانو يمكن أن تؤدي إلى تقليل التلوث في البيئة، فما تنتجه هذه التقنية من تلوث يمكن أن يعادل ما تقوم به من تنظيف للبيئة، أو ربما يكون تقليلها للتلوث اكبر مما تنتجه من ملوثات نانوية. فعندما تستخدم هذه التقنية في تنظيف المياه فإنها تؤدي دوراً حيوياً في تنظيف البيئة، ليس بتوفير المياه الصالحة للشرب فحسب، وإنما بتقليل نسبة المياه الثقيلة التي تتسرب إلى مياه سقي المحاصيل الزراعية ومياه الشرب. لكن المشكلة تكمن في نوعية الملوثات، فقد تكون نوعية الملوثات النانوية اخطر من الملوثات البيئية الاعتيادية المعروفة.

التقنية التي كانت سائدة ومازالت بشكل واسع هي تقنية المايكرو في عالم الالكترونيات، التي تزيد بالحجم على تقنية النانو بألف مرة، من المتوقع أن تحل تقنية النانو محل تقنية المايكرو وبذلك يمكن أن تقل احجام الأجهزة الالكترونية بمئات المرات وبنفس الوقت ستزداد الكفاءة والسرعة وتقل التكلفة، وبصورة عامة ستتغير خصائصها إلى ما هو أفضل. لذا نتوقع في المستقبل أن تُستخدم هذه التقنية في هذا المجال بصورة أساسية وتنافسية بين الدول المتقدمة والشركات الكبرى، لأنه

ببساطة الدولة التي سوف لن تلحق بركب النانو إن كانت متقدمة قد يُعاد تصنيفها على انها نامية والشركة التي لا تواكب تقنية النانو ربما سوف تشهر إفلاسها إذا ما تقدمت عليها الشركات الأخرى في نفس المجال.

بعض أنواع تراكيب الكربون النانوية تعد بثورة علمية وتقنية غير مسبوقة في عالم الالكترونيات في المستقبل، مثل المركب الذي يدعى بالكرافين، حيث له خواص تؤهله لان يتفوق على ملك الصناعات الالكترونية السليكون، وذلك لنقاوته العالية وموصليته الفائقة للالكترونات بالاضافة إلى صلابته الشديدة. إن الثورة التكنولوجية والالكترونية التي يُتَوقع أن يصنعها الكرافين هي مماثلة لتلك الثورات التي حدثت عند الانتقال من الصمامات المفرغة إلى الترانزستورات ومن ثم الانتقال من الترانزستورات إلى الدوائر المتكاملة فالشرائح الميكروية، بل ربما ستكون ثورة الكرافين اكبر من تلك الثورات وأكثر أهميةً وإثارةً. يعتقد المهندسون المهتمون بالنانو وتطبيقاته انه بالإمكان إيجاد مجال واسع من المنتجات المشتقة من الكرافين، مثل الترانزستورات ذوات السرع الفائقة وحواسيب كمية نقطية ووسائط عرض ذكية(11). كما يأمل الفيزيائيون أن تساعدهم هذه المادة في اختبار نظرية الظواهر العجيبة التي كان يُعتقد سابقاً أنه لا يمكن ملاحظتها إلا في الثقوب السود وفي معجلات الجسيمات ذات الطاقات العالية(11). لذلك، من ناحية أخرى، يمكن أن تكون هذه المادة واختباراتها بديلاً عن صنع المعجلات العملاقة باهظة التكلفة والكبيرة الحجم. هذا وان تصغير حجم المنتجات الالكترونية باستخدام الكرافين متوقع، حيث توقع العلماء بالسابق أن تصغير المنتجات الالكترونية مع

مرور الزمن لا يمكن أن يستمر إلى الأبد، بل هنالك حدود معينة للتصغير لا يمكن تجاوزها، باستخدام مادة الكرافين يمكن أن يصل العلماء إلى تلك الحدود المتناهية في الصغر، حيث يتوقع العلماء أن يتم صنع جهاز نانوي بالغ الصغر وهو بحدود حلقة بنزين واحدة فقط**!**. كما ان انابيب الكربون النانوية هي الاخرى سيكون لها شأن كبير في المستقبل خصوصاً بعد صنع ترانزستورات نانوية الحجم, وهذه الترانزستورات هي أساس عمل الكومبيوتر. لذلك من المحتمل أن يتم صنع كومبيوتر صغير الحجم (بحجم خاتم الإصبع أو اصغر)، كما يسعى العلماء إلى صنع ترانزستورات باستخدام أنابيب الكربون النانوية سرعة القفل فيها اكبر بمئات المرات عما هو متوفر الآن، بالإضافة إلى صنع ذاكرة نانوية هائلة السعة. أما في مجال الاتصالات والمعلوماتية، فيأمل الباحثون إلى التوصل الى تصنيع ألياف بصرية نانوية لها القدرة على إرسال المعلومات والمكالمات مباشرةً دون تحويلها إلى إشارات كهربائية مما يزيد من سرعة النقل بأكثر من 100 مرة، وهذه الميزة مفيدة ايضاً في صنع الحواسيب فائقة السرعة.

ربما سيشهد المستقبل القريب الكثير من التطبيقات النانوية في الطب، متمثلة في الاستفادة من خصائص المركبات النانوية في آلية نقل الدواء الى الاجزاء المصابة من الجسم. كماسيتم الاستفادة من هذه التقنية في التشخيص المبكر لبعض الامراض مثل السرطان، او الاكتشاف الدقيق للتعرض لبعض المركبات الكيميائية والبيولوجية الخطرة[29]. هنالك اكثر من 300 مرض معروف لحد الان يكون اسبابها عوامل وراثية، وتعقد الآمال في المستقبل الى التخلص من هذه الامراض

الوراثية بفضل الاستفادة من تقنية النانو باستغلال الجسيمات النانوية لتوصيل الجينات الى مكانها الصحيح[29]. كما يأمل علماء النانو في المستقبل أن يتم صنع أجهزة روبوت بحجم نانوي لها القدرة على الدخول في جسم الإنسان والتجوال فيه والوصول إلى الاماكن المريضة والمطلوب علاجها موضعياً مثل إزالة الجلطات الدهنية أو إيصال الدواء لها, وهذه المركبات النانوية يتم تحريكها وتوجيهها عن بعد، كما أن لهذا الروبوت الصغير القدرة على تشخيص الأمراض والتقاط الصور وبعثها إلى خارج جسم المريض، لكن هناك مشكلة وهي مصير هذه المركبات النانوية بعد أن تنتهي مهمتها، وكيفية إخراجها من الجسم، ومع ذلك فمن المتوقع أن يتم إنتاج الجيل الأول من هذه المركبات النانوية قبل عام 2025م[2]. كما يؤمل في المستقبل القريب أن تتم الاستفادة القصوى من الإمكانيات التي تتيحها تقنية النانو لصنع مختبر محمول لا يتعدى حجمه حجم الموبايل قادر على عمل فحوصات كاملة للدم، ومما شجع على التفكير في ذلك هو ما تحقق من نجاحات في بعض الفحوصات المختبرية التي أساسها تقنية النانو مثل قياس الكلوكوز الذي تم صنع متحسس نانوي لقياسه، وهنالك متحسسات نانوية للفيروسات والبكتيريا وال DNA. ربما ستحدث في المستقبل ثورة علمية كبيرة في علاج السرطان بتكلفة اقل وبمواد وطرق أكثر فعالية وامناً من تلك المتوفرة الان، وبهذا الصدد يقول البروفسور مصطفى السيد، رائد معالجة السرطان بجسيمات نانو الذهب والليزر "إن غرام واحد من الذهب سيعالج ألف مصاب بالسرطان"[46]. بهذا فإن علاج السرطان بجسيمات الذهب النانوية سيعطي أملاً جديداً لملايين المصابين بالسرطان

بالعالم. ليس هذا فحسب، بل يتوقع علماء الصحة ان تقنية النانو الطبية في المستقبل ستصبح جزءاً من الممارسة الطبية اليومية(47).

وفي مجال المتحسسات وأجهزة الاستشعار، فمن المتوقع أن يتم صنع أجهزة تحسس واستشعار نانوية وبتكلفة اقل مما متوفر الآن، وهذه الأجهزة قادرة على كشف المتفجرات والقنابل والغازات السامة والحرائق والفيروسات والملوثات بأنواعها... الخ، وبسبب صغر حجمها وقلة كلفتها سوف لن يكون تواجدها مقتصراً على الاماكن المهمة فقط كالمطارات وإنما ستكون واسعة الانتشار والاستخدام، مثلاً في الجسور والطرق والأسواق الصغيرة فضلاً عن الكبيرة وفي مواقف السيارات والقطارات والموانئ وغيرها.

كما أن هناك أمل قوي أن تصنع أجهزة بتقنية النانو لها القدرة على تحلية كميات كبيرة من ماء البحار بتكلفة زهيدة بحيث يمكن القول انه تم التخلص من مشكلة الماء أو تقليل هذه المشكلة العضالة بشكل كبير. وبالتالي توفره في الدول التي تعاني من شحة المياه والفقيرة منها خصوصاً. وتنقية الماء باستخدام تقنية النانو وتطويرها سيكون لها شأناً كبيراً في المستقبل من ناحيتين، الناحية الاولى وهي توفير المياه الصالحة للشرب وباسعار زهيدة في الدول التي تعاني من نقص في مياه الشرب والمياه اللازمة للمرافق العامة، والاخرى هي تقليل تكلفة تنقية المياه وتقليل حجم منظوماتها التي توجد اساساً في الدول المتقدمة والغنية، هذا ويمكن اعتبار تقليل استخدام الكلور

والمواد الكيميائية المستخدمة في تنظيف الماء هدف مستقبلي آخر من اهداف استخدامات تقنية النانو في هذا المجال.

تحتل النظافة الذاتية باستخدام تقنية النانو الان وفي المستقبل اهتمام عدد كبير من المؤسسات والباحثين وتتسابق حالياً كبرى الشركات العالمية لصنع مواد ذاتية التنظيف أو منتجات نانوية تساعد في التنظيف الذاتي كشركة سامسونج، حيث يمكن فعلاً صنع هياكل للسيارات ذاتية التنظيف لا تحتاج إلى الماء لتنظيفها في آلية عمل مشابه لتلك الموجودة عند بعض النباتات كنبات اللوتس. وكذلك يمكن توسيع آلية التنظيف الذاتي لتشمل طيفاً واسعاً من المنتجات التي يكون تنظيفها بالوسائل التقليدية المعروفة صعباً جداً كناطحات السحاب أو المنتجات التي تحتاج الى درجة عالية من النظافة الدائمة مثل الادوات الجراحية وضمادات الجروح وغُرف العمليات أو الادوات والآلات المستخدمة في الصناعات الالكترونية. كما يمكن صنع جدران لا تلتصق بها البكتريا والغبار والاوساخ وملابس ذاتية التنظيف كذلك، وهذا النوع قد صُنع فعلاً، لكن المتفائلون جداً يأملون بالمستقبل ببناء مدن كاملة ذاتية التنظيف في كل ما تحتويه من محلات وعمارات ودور ومعامل ومطارت ومدراس ومستشفيات ... الخ.

إن ما كان يُعرف قديما بحجر الفلاسفة المزعوم الذي يقوم بتحويل الحجر إلى ذهب ومعادن نفيسة ربما سيكون ممكناً بالمستقبل المنظور ولو إلى حد معين, وذلك باستخدام تقنية النانو، فبإعادة ترتيب الفحم مثلاً يمكن الحصول على الماس أو الذهب من التراب! وبإعادة هيكلة ذرات المعادن الرخيصة

بصورة عامة يمكن الحصول على المعادن النفيسة! هذا بالطبع من وجهة نظر مفهوم تقنية النانو. وعلى هذا الاساس فان الالماس والذهب سيفقدان قيمتهما في المستقبل!

وفي كل المنتجات النانوية التي سيتم إنتاجها مستقبلاً وخصوصاً الصحية والغذائية منها، يجب إعادة النظر فيها من جديد، لمعرفة فيما إذا تغيرت خواصها بسبب الجسيمات والتراكيب النانوية أم لا؟ فمثلاً استخدام جسيمات النانو في تحلية وتنقية الماء لغرض الشرب قد تزيل الأملاح الأخرى الضرورية للجسم وليس فقط الملوثات والبكتيريا، فالموضوع اذاً معقد ومتشابك ويحتاج إلى كثير من الدراسات المحايدة والبحوث الموضوعية.

ان موضوع التأثيرات الصحية والسمية يحتاج إلى كثير من الدعم، حيث في الواقع هنالك دعم سخي على بحوث النانو وتطبيقاته بينما التأثيرات الصحية والسمية للتراكيب والجسيمات النانوية محدود، فهذه التأثيرات بالذات سوف تلعب دوراً هاماً في الصناعات النانوية وانتشارها ورواجها والقبول بها كسلعة آمنة خالية من التأثيرات الصحية والبيئية مستقبلاً، وبعض الدول بصدد إلزام المصنعين بأن صناعاتهم النانوية خالية من التأثيرات الصحية والسمية قبل اعتمادها والمصادقة عليها، وقد بدأت أوربا بمثل هذا الإلزام للمنتجين الذين يستخدمون التقنيات النانوية[(49)]. كما أن الشفافية مطلوبة لتجنب تكرار مآسي الماضي، يقول مارك اوديتا، احد الناشطين عن التحذير من تقنية النانو والباحث في جامعة لوزان السويسرية "يعلمنا التاريخ مدى أهمية البحوث الأولية لتحديد الآثار المحتملة للتكنولوجيات

الجديدة وتجنب مأساة مثل الاسبستوس"، كما أفاد ايضاً بأن جماعات الضغط اليوم عجزت عن طمس الحقائق التي مارستها في الماضي يوم تسترت على حالات الاسبستوس، مؤكداً "لا ينبغي إغفال حقيقة أن المعلومات عن حقيقة المواد النانوية لا تزال محدودة، وإننا بدلاً من شفافية التحاور ومواجهة المخاطر، سادرين في تخيلات تقدم علمي لم يتحقق بعد"[32].

وفي الختام، المستقبل القريب يحمل في طياته المزيد من تطبيقات النانو وانها أكثر من أن تُعد وتحصى، وان من سيمتلك ناصية هذه التقنية سيتحكم بالعالم، وأن لتقنية النانو تأثيرات مختلفة على الانسان والبيئة، منها السلبية ومنها الايجابية أو المجهولة العواقب, وسوف تدخل وتتغلغل هذه التقنية في كافة جوانب الحياة، بغض الطرف عن نوعية تلك التأثيرات.

المراجع:

1. http://www.britishmuseum.org/search_results.aspx

2. محمد شريف الاسكندراني، تكنولوجيا النانو من اجل غد أفضل، مؤسسة الكويت للتقدم العلمي، الكويت، 2010.

3. النانوتكنولوجي وتطبيقاته,

http://biala.50webs.com/page_phis/ph_01.htm

4. د. منير محمد سالم، طب النانو ... الآفاق والمخاطر، مجلة عجمان للدراسات والبحوث، المجلد العاشر، العدد الأول، الامارات العربية المتحدة.

5. https://commons.wikimedia.org/wiki/File:The_Damascus_Blade_ 2.JPG.

By: Archit Patel.

6. ريتشارد فاينمان،

http://ar.wikipedia.org

7. Liegh Canham, Properties of porous silicon, INSPEC, UK, 1997

8. د .محمود مُحَّد سليم صالح، تقنية النانو وعصرٌ علميٌ جديد، قسم العلوم الطبيعية والتطبيقية –كلية المجتمع بالأفلاج، السعودية.

9. Sumio Iijima and Toshinari Ichihashi, " Single-shell carbon nanotubes of 1-nm diameter," Nature 363, 603 (1993).

10. http://www.nsf.gov

11. جايم وكيم، عالم عجائب الكربون، مجلة العلوم، مؤسسة الكويت للتقدم العلمي، المجلد 24، أكتوبر–نوفمبر، الكويت، 2008.

12. Polymer-Graphene Nanocomposites: Preparation characterization, properties, and applications, http://dx.doi.org/10.5772/50408

13. U.S. Food and Drug Administration,

http://fda.gov/ScienceResearch/SpecialTopics/Nanotechnology/ucm153723.htm

14. Guozhong Cao, Nanostructures and nanomaterials, Imperial College Press, London, UK, 2004.

15. بيتر فوربس، مواد ذاتية التنظيف، مجلة العلوم، مؤسسة الكويت للتقدم العلمي، المجلد 25، يناير–فبراير، الكويت، 2009.

16. نهى علوي الحبشي، ما هي تقنية النانو، وزارة الثقافة والإعلام السعودية، السعودية، 2011.

17. http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Peacock_frontal.jpg,

By: Aussiegall.

18. http://commons.wikimedia.org/wiki/File. By: McKay Savage

19.

http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Goutte.jpg

20. http://commons.wikimedia.org/wiki/File:VOLC%C3%81N. jpg

21. ل. ق. تاراسون، الفيزياء في الطبيعة، ترجمة: حسن حميد، الدار العربية للعلوم، لبنان، 1993.

22. https//Airplanes.kevsi.com

23. حسن عز الدين بلال، النانو وتطبيقاته، الهيئة العامة السورية للكتاب، سورية.

24. http://en.wikipedia.org/wiki/Fullerene

25. http://www.understandingnano.com/nanoparticles.html

26. محمّد شريف الاسكندراني، "تكنولوجيا النانو.. نصف قرن بين الحلم والحقيقة"، مجلة العربي، العدد 607، الكويت، 2009.

27. Atomic structure of graphene and h-BN layers and their interactions

with metals. http://dx.doi.org/10.5772/56640.

28. http://www.glantreo.com/otherparticles.php

29. فتحى حمد بن شتوان، " علوم وتقنيات النانو: تطبيقاتها واثارها وإستراتيجية تطويعها فى الوطن العربى "، الندوة القومية حول "الصناعات المستقبلية وتطبيقات تقنيات النانو فى الدول العربية" القاهرة: 11 – 12 نوفمبر 2008.

30. Claude Ostiguy, Brigitte Soucy, Gilles Lapointe, Catherine Woods,

Luc Ménard, and Mylène, Trottier, "Health effects of nanoparticles" Second Edition, 2008, www.irsst.qc.ca

31. http://www.saudicnt.org/indexphp

32. تكنولوجيا النانو تحت مِجهر المستهلِكين في سويسرا، بقلم: ستيفانيا سومّرماتر، 29 نوفمبر 2011.

http://www.swissinfo.ch

Health risks of nanotechnology: How nanoparticles can
cause lung .33 damage, and How the damage can be
blocked, June 11, 2009.
http://www.sciencedaily.com/releases/2009/06/090610192
431.htm.

34. منظمة الصحة العالمية، الشبكة الدولية للسلطات المعنية بالسلامة الغذائية، مذكرة انفوسان (INFOSAN) الاعلامية رقم 1\2008 – التكنولوجيا النانوية.

35. تأثيرات تقنية النانو،

http://ar.wikipedia.org/wiki

36. مهند الشيخلي، "تقنية النانو – ما لها وما عليها – فوائدها و مضارها".
http://muhannadknol.wordpress.com

37. الآثار الاجتماعية لتقنية النانو،

http://ar.wikipedia.org/wiki

Summary overview of the world market of nano-
technologies in 2009,.38 Abercade, Moscow, Russian
Federation.

Sander J. Tans, Alwin R. M. Verschueren & Cees
Dekker, "Room- .39 temperature transistor based on a

single carbon nanotube," NATURE, Vol. 393, 7 May 1998.

40. جريدة الاهرام، "المركز القومي للبحوث يعلن: بدء تجارب علاج مرضي السرطان بنانو الذهب،" الثلاثاء 18 من ذو القعدة 1434 هـ 24 سبتمبر 2013 السنة 138 العدد 46313.

41. http://www.america.gov

42. صفات سلامة، "طرق جديدة وغير مكلفة لتنقية المياه بتقنيات النانو"، جريدة الشرق الاوسط، الاثنين 28 جمادى الاولى 1432 هـ 2 مايو 2011 العدد 11843.

43. منتدى الفيزياء التعليمي، فلتر لتنقية مياه الاستحمام بتقنية النانو، http://www.hazemsakeek.info/vb/showthread.php

44. http://www.trustedsaskatoon.com

45. WWW.Aljarida.com/Aljarida/resources/Pd-fpages/Aljarida/18-08-2007/p02_second- page.pdf

46. مُحَمَّد هاشم البشير، "قرفة وغرام واحد من الذهب يعالج الف مصاب بالسرطان"، منظمة المجتمع العلمي العربي.

http://www.arsco.org

and Nalwa. H. S., Encyclopedia of Nanoscience
Nanotechnology, .47 Stevenson Ranch, American
scientific Publishers, 2003.